

APHIS GOSSYPHII GLOVER

(HEMIPTERA, APHIDIDAE)

J.-P. DEGUINE et F. LECLANT

CIRAD-CA

Département des cultures
annuelles
du Centre de coopération
internationale en recherche
agronomique
pour le développement

6, rue du général Clergérie
75116 Paris, France

Série Les déprédateurs du cotonnier en Afrique tropicale et dans le reste du monde n° 11, 1997

Les déprédateurs du cotonnier en Afrique tropicale et dans le reste du monde

Série publiée par le département
des cultures annuelles
CIRAD-CA
du Centre de coopération internationale
en recherche agronomique
pour le développement (CIRAD).
L'IRAT, l'IRCT et le programme oléagineux
annuels de l'IRHO ont fusionné le 1^{er} juillet 1992
sous le nom de CIRAD-CA.

Comité de lecture

J.-C. Follin, directeur scientifique
R. Couilloud, coordinateur de la série
J. Cauquil, directeur de la série
entomologie appliquée (UREA)
M. Vaissayre, responsable de l'unité de recherche
entomologie appliquée (UREA)
J.-P. Bournier, entomologiste

Publication

H. Saint Macary, directeur de publication
D. Frydrych, C. Boutavin, édition

*Service des publications, de l'information et de la documentation, CIRAD-CA
BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 01 (France)
Téléphone : 04 67 61 59 18 – Télécopieur : 04 67 61 59 21
Télex : 480 762 F*

***APHIS GOSSYPHII* GLOVER**
(HEMIPTERA, APHIDIDAE)

Jean-Philippe DEGUINE et François LECLANT

CIRAD-CA

Département des cultures
annuelles
du Centre de coopération
internationale en recherche
agronomique
pour le développement

BP 5035
34032 Montpellier Cedex 1
France

Série *Les déprédateurs du cotonnier en Afrique tropicale et dans le reste du monde* n° 11, 1997

***Aphis gossypii* Glover**
(Hemiptera, Aphididae)

Jean-Philippe Deguine et François Leclant

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	5
GÉNÉRALITÉS SUR LES PUCERONS	7
Biologie.	7
Classification	10
Identification.	11
Morphologie et caractères clés	13
Le Puceron du melon et du cotonnier	16
Description d' <i>Aphis gossypii</i>	17
STATUT TAXINOMIQUE	19
PLANTES HÔTES	21
BIOLOGIE	23
Nutrition et alimentation.	23
Besoins nutritifs	23
Influence de la plante hôte	24
Potentiel biotique	25
Fécondité et longévité.	25
Mode de reproduction et sex-ratio	28
Vitesse de développement	28
Locomotion : marche et vol	29
INFLUENCE DES PRATIQUES CULTURALES	33
ENNEMIS NATURELS ET AUTRES ORGANISMES ASSOCIÉS	35
Myrmécophilie	35
Compétition	36
Parasitisme et prédation	36
Les prédateurs.	37
Les parasites et les parasitoïdes	41
Les pathogènes	43
APHIS GOSSYPYII ET LE COTONNIER	47
Ennemi clé, pourquoi ?	47
Facteurs agrotechniques	48
Facteurs climatiques	48
Nature des dégâts	48
Dégâts directs	49
Dégâts indirects	49
Fluctuations des populations.	50
Fluctuations saisonnières	50
Modalités des infestations	51

Incidence économique	55
Perte de production en coton graine	55
Dépréciation de la qualité de la fibre	56
Conclusion	56
LES TECHNIQUES DE LUTTE ET LEUR ÉVOLUTION	57
Un constat et un bilan	57
Une première évolution : la lutte chimique conseillée	58
Une deuxième évolution : la lutte raisonnée	61
Protection en début de cycle	61
Protection en milieu de cycle	62
Protection en fin de cycle	65
Une troisième évolution : la lutte intégrée	65
Moyens biologiques	65
Mesures agrotechniques	66
Mesures phytotechniques	66
Conclusion	67
REMERCIEMENTS	69
PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES	71
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	79
GLOSSAIRE	111
NOTE AUX AUTEURS	113

RÉSUMÉ

Les principaux caractères servant à l'identification des pucerons sont présentés, tout comme les particularités biologiques et morphologiques. Les auteurs précisent aussi le statut taxinomique complexe d'*Aphis gossypii* et rapportent des données nouvelles sur son spectre d'hôtes et ses ennemis naturels.

En Afrique subsaharienne, *A. gossypii* manifeste généralement, selon les conditions de culture, deux gradations au cours d'une campagne cotonnière : au début et à la fin du cycle végétatif. En début de campagne, les dégâts trophiques peuvent entraîner une diminution de rendement significative, alors que des infestations tardives sont très dommageables économiquement, car les miellats souillent la fibre.

La sensibilité d'*A. gossypii* aux insecticides a évolué ces dernières années. De nombreux cas de résistance ayant été signalés dans diverses régions cotonnières, des stratégies de lutte fondées sur le concept de la protection intégrée sont aujourd'hui préconisées, dans le but de limiter le recours aux produits agropharmaceutiques. Des méthodes d'observation par piégeage des ailés ou par contrôle visuel au champ sont proposées afin d'évaluer l'intensité des infestations avant de pratiquer une intervention toujours raisonnée.

Cette monographie s'appuie sur 634 références bibliographiques intéressant l'ensemble des régions cotonnières, mais plus précisément l'Afrique francophone subsaharienne.

MOTS-CLÉS : *Aphis gossypii*, systématique, distribution, biologie, plante hôte, méthode de lutte, *Gossypium*.

GÉNÉRALITÉS SUR LES PUCERONS

Les pucerons, encore appelés aphides, présentent un intérêt exceptionnel à de multiples points de vue, en particulier :

- biologique, du fait de la diversité et de la complexité des cycles et des modes de reproduction, mais aussi en raison de la spécificité vis-à-vis de leurs plantes hôtes ;
- parasitologique, par suite des dégâts qu'ils peuvent infliger aux plantes cultivées, qu'il s'agisse de dégâts directs, mais surtout du fait de leur capacité à transmettre des virus phytopathogènes ;
- écologique, en raison de l'important cortège d'ennemis naturels et de l'alternance entre plantes hôtes, spontanées et cultivées, ces dernières ne constituant, le plus souvent, pour les pucerons et leurs ennemis, qu'un habitat temporaire ;
- morphologique, du fait de l'extraordinaire polymorphisme des générations ;
- systématique (4 500 espèces reconnues dans le monde), biosystématique et phylogénétique enfin, en raison des particularités biologiques de ces insectes et de leurs prodigieuses facultés d'adaptation à former des biotypes et à modifier leur cycle en fonction des conditions de milieu, et en vue d'une exploitation maximale de leur environnement.

C'est notamment le cas d'*Aphis gossypii*.

BIOLOGIE

Les pucerons constituent aujourd'hui probablement le groupe le plus important au point de vue agronomique, sur le plan mondial, bien que, par rapport au nombre d'espèces connues, celles qui se développent sur les plantes cultivées soient relativement peu nombreuses (à peine quelques centaines). Les aphides vivent surtout sur les angiospermes (plantes à fleurs), mais on en trouve également sur les gymnospermes (conifères), sur les fougères et même sur les mousses. Ce groupe d'insectes est extrêmement répandu dans le monde, principalement dans les zones tempérées ; il est également présent sous les climats tropicaux ainsi que dans les régions subarctiques.

Le cycle évolutif de la plupart des espèces est complexe et il est caractérisé par l'alternance des modes de reproduction selon les générations : une génération amphisexuelle comportant des mâles et des femelles fécondables alterne, en général, avec plusieurs générations ne comportant que des femelles parthénogénétiques qui se reproduisent sans fécondation (figure 1). Les femelles fécondées sont toujours ovipares, alors que les femelles parthénogénétiques sont le plus souvent vivipares, parfois seulement ovipares (chez le Phylloxéra de la vigne par exemple). On observe également une alternance d'hôtes, obligatoire ou facultative, chez certaines espèces : après quelques générations vivipares, parthénogénétiques et aptères, apparaissent des formes ailées qui assurent la dissémination de l'espèce et la colonisation de nouvelles plantes hôtes sur lesquelles se multiplient de nouvelles générations constituées d'aptères et d'ailés vivipares. Les différentes formes apparaissant au cours du cycle d'un puceron sont donc adaptées à jouer un rôle particulier à chaque moment du cycle. Les adultes ailés sont précédés de larves portant des ébauches alaires (nymphe). A l'automne, apparaît la génération sexuée (chez les espèces dites holocycliques). Tout cela conduit à un remarquable polymorphisme des générations. Dans les régions à hiver non rigoureux, la génération sexuée n'existe pas (anholocyclie) et le cycle se continue par des générations parthénogénétiques. Certaines espèces peuvent aussi effectuer tout leur cycle sur une même espèce de plante ou sur des espèces apparentées sur le plan botanique (des

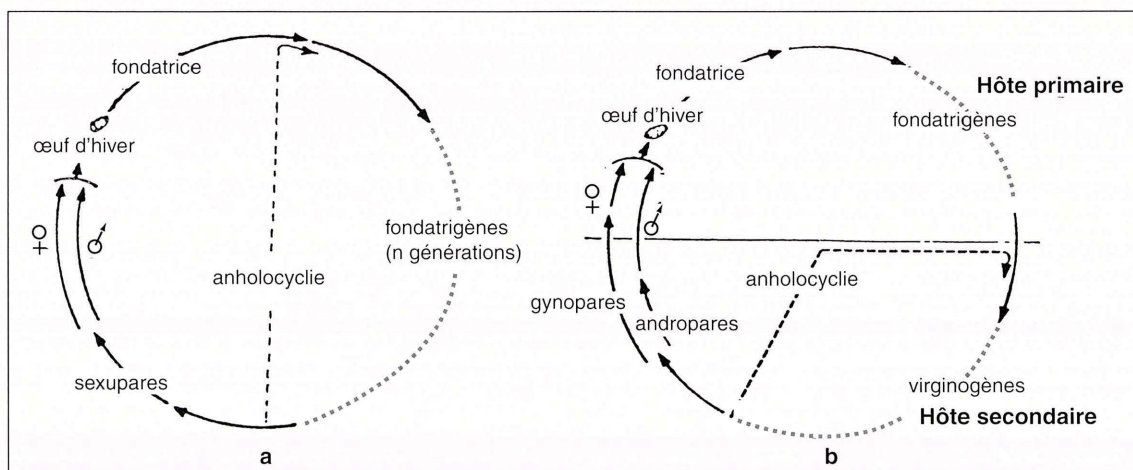


Figure 1

Cycles biologiques les plus fréquemment rencontrés chez les pucerons :

a, cycle d'un puceron monoécique ; b, cycle d'un puceron hétéroécique.

crucifères, des composées) ; on parle alors d'espèces monoéciques (figure 1a). D'autres espèces présentent une alternance d'hôtes obligatoire. L'hôte primaire est généralement une espèce pérenne, ligneuse, sur laquelle sont pondus les œufs d'hiver. Quelques générations s'y développent aussi au printemps, jusqu'à l'apparition des formes ailées qui émigrent vers les « hôtes secondaires » qui sont des plantes herbacées appartenant à des familles très diverses et toujours éloignées, sur le plan botanique, de l'hôte primaire. Telles sont les espèces hétéroéciques (figure 1b). Les pucerons ont ainsi développé une très grande diversité de cycles afin de s'adapter à la variété des conditions environnementales rencontrées, l'adaptation à l'hétérogénéité des milieux ayant pu se faire notamment grâce à la parthénogenèse, mais aussi par mutation chez les espèces ayant perdu définitivement la phase sexuée (DEDRYVER, 1981 ; DIXON, 1987 ; ROBERT, 1988a).

Le développement des pucerons est du type hémimétabole, plus précisément paurométabole, c'est-à-dire progressif et sans métamorphose, marqué par une succession de quatre stades larvaires entrecoupée de mues et laissant apparaître graduellement les organes de l'imago (figure 2 et planche I). Il s'ensuit un comportement ou des habitudes de vie souvent semblables chez les larves et les adultes.

Comme tous les hémiptères, les pucerons possèdent un appareil buccal de type piqueur-suceur adapté au prélèvement d'une alimentation liquide non disponible en surface. Mandibules et maxilles sont transformées en stylets perforants accolés l'un à l'autre sur toute leur longueur, formant un faisceau et délimitant deux canaux (figure 3) ; l'un de ces canaux sert à l'émission de la salive, l'autre à l'absorption de la nourriture : la sève dans les tissus vasculaires de la plante pour les phytophages (figure 4), le sang pour les hétéroptères hématophages. Ces stylets sont abrités et coulisent dans un rostre (figure 5), (LECLANT, 1988).

Les dégâts que les pucerons occasionnent sont de type direct ou indirect (LECLANT, 1981).

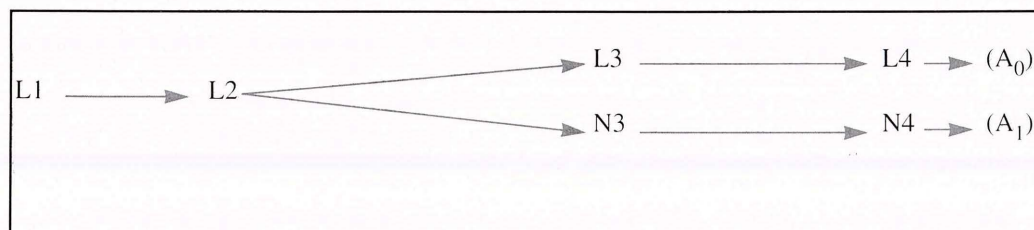


Figure 2

Représentation schématique du développement d'un puceron (LECLANT, 1981). L1-L2, larves du 1^{er} et du 2^e stade ; L3-L4, larves d'aptères du 3^e et du 4^e stade ; N3-N4, larves à ptérothèques du 3^e et du 4^e stade ; A₀, adulte aptère ; A₁, adulte ailé.

Les dégâts directs correspondent à la simple prise de nourriture ; il s'agit de l'action spoliatrice par prélèvement de sève, ce qui entraîne généralement un affaiblissement de la plante. Mais les pucerons ont aussi une action irritative et toxique, le végétal réagissant aux piqûres d'alimentation et à la présence de salive par des déformations de type et de forme variés sur les feuilles ou les rameaux. Cela va de la simple crispation du feuillage à la formation de chancres ou de galles d'aspects divers, mais caractéristiques de l'espèce qui les a causés.

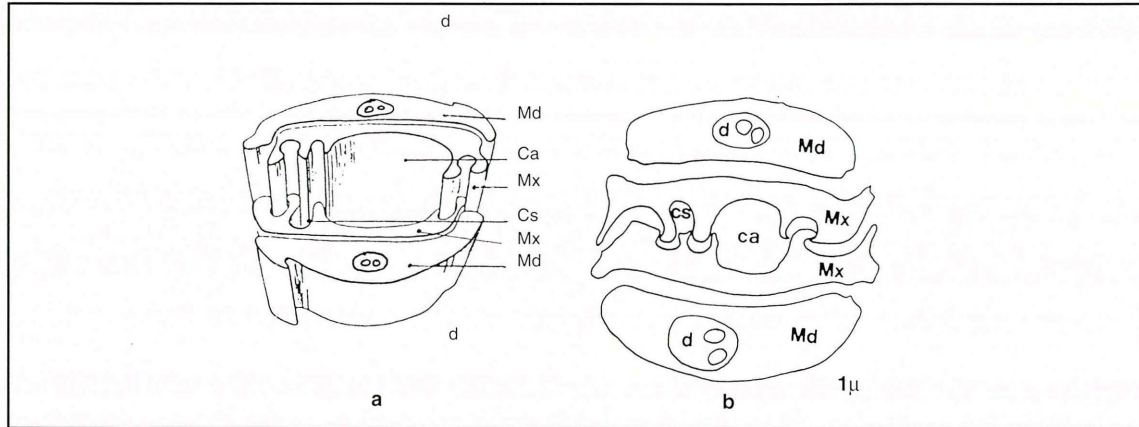


Figure 3

Stylets et canaux de l'appareil buccal d'un puceron (LECLANT, 1988) :

3a, vue en perspective ; 3b, coupe transversale.

Md, stylets mandibulaires ; Mx, stylets maxillaires ; ca, canal alimentaire ; cs, canal salivaire ; d, dendrite.

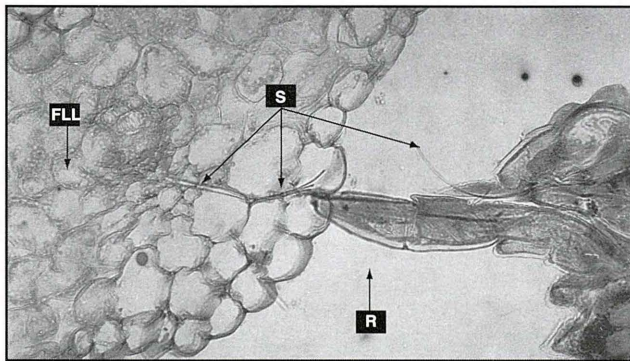


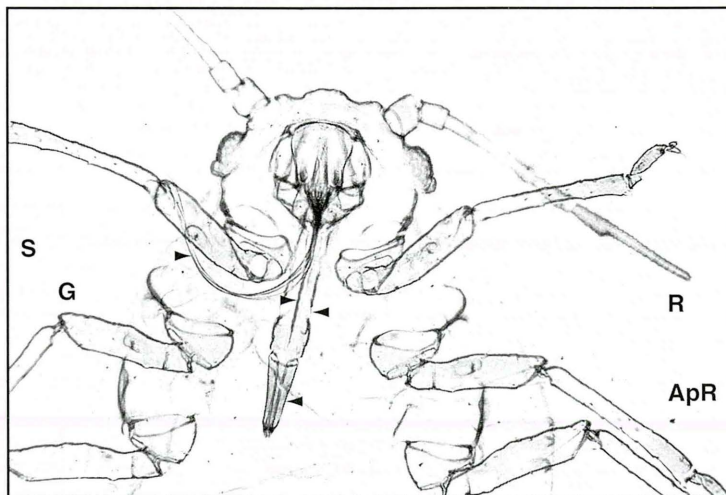
Figure 4

Stylets d'*Aphis gossypii* insérés dans les tissus d'une feuille de melon, dans une nervure (LECLANT, 1981) :

FLL, faisceau libéro-ligneux ;

R, rostre ; S, stylets (sectionnés).

Figure 5
Vue ventrale d'*Aphis* sp. montrant les principaux éléments de l'appareil buccal (LECLANT, 1981).
Les stylets (S) ont été dégagés de la gouttière labiale (G) dans laquelle ils coulisent. La gouttière labiale est une invagination du rostre (R) et elle le parcourt sur toute sa longueur, jusqu'à l'extrémité de l'article apical (ApR).



Les dégâts indirects ont deux origines :

- dans les plantes hôtes qui assimilent bien, la sève élaborée est riche en sucres mais pauvre en acides aminés. Les pucerons ingèrent donc de très grandes quantités de sève pour subvenir à leurs besoins en protéines. Le produit de la digestion, encore très riche en sucres, est excrété par l'anus : c'est le miellat, milieu de culture très favorable au développement de champignons saprophytes, les fumagines, de couleur noire ;
- la transmission et la dissémination de virus phytopathogènes sont une « spécialité » des pucerons, qui se montrent de ce fait beaucoup plus nuisibles que lorsqu'ils prélèvent seulement la sève de leur plante hôte. C'est à l'occasion de la prise de nourriture que les virus sont acquis et transmis, les pièces buccales de l'insecte transformées en stylets étant tout à fait adaptées à cette fonction (de la même façon que les moustiques transmettent la fièvre jaune ou les fièvres paludéennes). D'autre part, le comportement de recherche de leur plante hôte par les ailés constitue une autre adaptation, favorisant la dissémination des pathogènes. Les virus de la Mosaïque du concombre, de la Rosette de l'arachide, de la Mosaïque nanisante du maïs, celui de la Maladie bleue du cotonnier ou de la *Tristeza* des *Citrus* sont transmis par des pucerons.

Enfin, les aphides sont dotés d'un potentiel biotique très élevé, allié à la possibilité de développer rapidement un grand nombre de générations par an. Un calcul théorique montre les possibilités démographiques exceptionnelles de ces insectes : soit un puceron ayant une fécondité moyenne d'une trentaine de larves dont la durée de développement, de la naissance jusqu'à la maturité de reproduction, est de 14 jours ; à raison de neuf générations par an pendant la belle saison, un seul individu pourra être à l'origine de 6×10^{11} individus ! Le poids d'un adulte étant d'environ 1 mg, ce seront 600 tonnes de pucerons qui auront pu être produites par une seule femelle en une seule saison ! Evidemment, ce calcul est irréaliste et ne tient pas compte des facteurs défavorables (climat, ennemis naturels), qui limitent naturellement les populations.

Que ce soit pour le spectre d'hôtes, le type de cycle biologique, le degré de nuisibilité, l'aptitude à transmettre un virus, ou encore la capacité à contourner la résistance d'une espèce végétale ainsi qu'à développer une résistance à un insecticide, etc., les aphides peuvent, au sein d'une même espèce, présenter des différences. On parle alors souvent de biotype. Ce terme désigne pour les uns un concept taxonomique subspécifique utilisé, souvent par des non taxonomistes, pour désigner une notion ancienne correspondant à une « espèce biologique », une « lignée », un « clone », une « race » ou une « souche » (EASTOP, 1973). Il s'agit d'une conception très générale qui s'applique alors à des populations ou à des individus qui partagent un même trait biologique, sans que les bases génétiques soient toujours bien connues. Une seconde définition recouvre, pour d'autres, un concept plus spécifique où un biotype est constitué de l'ensemble des individus possédant le même génotype pour le caractère considéré.

En résumé, les pucerons présentent d'extraordinaires capacités d'adaptation qui expliquent en grande partie leur importante nuisibilité :

- adaptation à l'exploitation rapide de la plante hôte, du fait de la viviparité et de la parthénogenèse ;
- adaptation à la colonisation de nouvelles plantes hôtes, du fait de la formation d'ailés en réponse à la détérioration du milieu ;
- adaptation aux conditions climatiques locales par une modification de leur cycle biologique, la reproduction sexuée obligatoire avec la ponte des œufs en hiver, qui diapausent et peuvent laisser la place à des générations parthénogénétiques hivernales ;
- adaptation enfin à former des biotypes.

CLASSIFICATION

Dans la classe des insectes, la super-famille des Aphidoidea forme, avec les Psylloidea, les Aleurodoidea et les Coccoidea, l'un des sous-ordres des hémiptères, celui des sternorrhynques.

Les Aphidoidea se subdivisent en trois familles :

- les Phylloxeridae (dont le Phylloxéra de la vigne) et les Adelgidae, qui vivent sur les conifères (*Picea* et *Abies* notamment), y provoquant des galles caractéristiques. Chez ces insectes, toutes les générations présentent des femelles ovipares, qu'elles appartiennent aux générations parthénogénétiques ou à la génération amphisexuelle, la femelle sexuée pondant après accouplement l'œuf d'hiver. Ce sont les *Aphidina ovipara* de BÖRNER (1952) ;

- les Aphididae, qui constituent la majorité des espèces (*Aphidina viviovipara* selon BÖRNER).

De nombreux modèles de classifications ont été proposés pour les Aphididae (ILHARCO et VAN HARTEN, 1987), dont les plus récentes sont celles de BÖRNER (1952), SHAPOSHNIKOV (1964), EASTOP (1966 et 1977), HEIE (1980), REMAUDIÈRE et STROYAN (1984) amendée par REMAUDIÈRE et QUEDNAU (1988), BLACKMAN et EASTOP (1994). Si la division de base en trois familles, Adelgidae, Phylloxeridae et Aphididae (parfois traitées comme superfamilles) est reconnue depuis longtemps et n'est plus contestée, en revanche, les subdivisions des Aphididae demeurent fort controversées. Deux grandes tendances se manifestent, l'une vise à la construction d'une classification fondée sur les relations phylogénétiques présumées entre différents groupes (HEIE, 1980), l'autre tend à développer une classification moins hiérarchisée mais plus fonctionnelle, dans laquelle sont sélectionnés des groupes (sous-familles) plus restreints, donc plus nombreux et plus homogènes (REMAUDIÈRE et STROYAN, 1984 ; REMAUDIÈRE et QUEDNAU, 1988). Le tableau 1 permet de constater que, finalement, ces diverses classifications ne diffèrent que peu entre elles, les aphidologues systématiciens attachant une plus ou moins grande importance taxonomique à tel ou tel caractère, morphologique ou biologique ; d'autre part, le progrès des connaissances sur certains genres charnières ou la découverte d'une forme particulière du cycle, inconnue jusqu'alors, conduit à regrouper ou à séparer des entités considérées jusqu'alors comme distinctes ou différentes, comme le montre l'exemple du genre *Myzocallis* (QUEDNAU et REMAUDIÈRE, 1994). Il est vraisemblable que de nombreuses retouches sont encore à attendre qui permettront de concevoir, l'apport de la biologie moléculaire aidant, une classification rationnelle sur une base phylogénétique. En accroissant sensiblement le nombre de sous-familles de façon que chacune d'elle soit plus homogène, on est en fait arrivé à une classification plus fonctionnelle présentant déjà une signification phylogénétique que la biologie moléculaire devrait confirmer, comme cela a été le cas avec les acariers Tetranychidae (NAVAJAS *et al.*, 1993).

La connaissance et la prise en considération du groupe dans son ensemble, sur une large échelle au plan mondial, est alors indispensable pour pouvoir asseoir sur des critères fiables toute proposition de classification.

Actuellement, les aphidologues s'accordent pour suivre la classification provisoire proposée par REMAUDIÈRE et STROYAN (1984) et reprise dans ses grandes lignes par BLACKMAN et EASTOP (1994).

IDENTIFICATION

Les travaux généraux concernant l'identification des aphides, et notamment les clés de détermination valables pour le groupe dans son ensemble, sont relativement peu nombreux. Souvent, ils concernent un pays ou une zone géographique donnée : par exemple, les aphides des régions scandinaves (HEIE, 1980, 1982, 1986, 1992 et 1994) ou les aphides de la partie européenne de l'ex-URSS (SHAPOSHNIKOV, 1964), de Cuba (HOLMAN, 1974) ou d'Afrique de l'Ouest (EASTOP, 1958) ou de l'Est (EASTOP, 1961), les Mascareignes (REMAUDIÈRE et ÉTIENNE, 1987). Il peut alors être dangereux de les utiliser sans discernement, en les appliquant à la reconnaissance d'une espèce récoltée dans une autre région aux conditions éoclimatiques différentes. Il serait en effet très facile de mettre un nom, évidemment faux, sur toute espèce non prévue dans la clé.

Le plus souvent, les clés d'identification se rapportent à un taxon particulier, famille ou sous-famille, tribu, sous-tribu ou genre ; elles sont disséminées dans une littérature abondante, articles ou monographies, bien connue des spécialistes aphidologues et qu'il n'est naturellement pas possible d'énumérer ici dans sa totalité. Citons : HEINZE pour les Lachnidae, les Phylloxeridae et les Adelgidae (1962), ainsi que pour les Myzinae d'Europe centrale (1960, 1961) ; STROYAN (1984) pour les Pterocommatinae et les Aphidinae ; EASTOP (1953d) pour les Tramini ; RICHARDS (1965) pour les Callaphidini du Canada ; EASTOP (1979) pour les genres de la sous-tribu des Aphidinea ; HILLE RIS LAMBERS (1938-1953) pour divers genres d'Aphididae d'Europe ; HILLE RIS LAMBERS (1966) pour le genre *Myzus* en Californie ; HILLE RIS LAMBERS et VAN DEN BOSCH (1964) pour le genre *Therioaphis* ; REMAUDIÈRE et LECLANT (1972) pour les *Aphis* des cistacées ; HILLE RIS LAMBERS (1972) ou RICHARDS (1968) pour les *Tuberculatus* du monde ; EASTOP (1985) pour les *Uroleucon* du Moyen Orient. D'autres fois encore, ne sont considérées que les formes ailées (MEDLER et GHOSH, 1969 ; REMAUDIÈRE, 1985 ; BROWN, 1989 ; TAYLOR *et al.*, 1981 ; REMAUDIÈRE et SECO FERNANDEZ, 1990).

TABLEAU 1

Comparaison de trois classifications récentes des Aphidoidea.

HEIE (1980)	REMAUDIÈRE et EASTOP (1984) (amendée REMAUDIÈRE et QUEDNAU, 1988) *	BLACKMAN et EASTOP (1994)
PHYLLOXEROIDEA	APHIDOIDEA	APHIDOIDEA
Adelgidae	Adelgidae	Adelgidae
Phylloxeridae	Phylloxeridae	Phylloxeridae
APHIDOIDEA	Aphididae	Aphididae
	Mindarinae	
Pemphigidae	Pemphiginae	Pemphiginae
Eriosomatinae	Eriosomatini	Eriosomatini
Pemphiginae	Pemphigini	Pemphigini
Fordinae	Fordini	Fordini
Hormaphididae	Hormaphidinae	Hormaphidinae
Oregminae	Cerataphidini	Cerataphidini
Hormaphidinae	Hormaphidini	Hormaphidini
(Nipponaphidini)	Nipponaphidini	Nipponaphidini
Phloeomyzidae	Phloeomyzinae	Anoeciinae
Thelaxidae	Thelaxinae	Thelaxinae
Anoeciidae	Anoeciinae	Phloeomyzinae
Mindaridae	<i>Aiceoninae</i> **	Mindarinae
Drepanosiphidae	<i>Tamaliinae</i>	Drepanosiphinae
Drepanosiphinae	Greenideinae	Drepanosiphini
Phyllaphidinae	<i>Schoutedeniinae</i>	Phyllaphidini
Chaitophorinae	Schoutedeniini	Chaitophorinae
Greenideidae	Cervaphidini	Greenideinae
Greenideinae	<i>Neophyllaphidinae</i>	Greenideini
Cervaphidinae	<i>Lizeriinae</i>	Cervaphidini
Aphididae	<i>Pterastheniinae</i>	Aphidinae
Pterocommatinae	<i>Macropodaphidinae</i>	Pterocommatini
Aphidinae : Aphidini	Drepanosiphinae	Aphidini
Aphidinae : Macrosiphini	<i>Saltusaphidinae</i>	Macrosiphini
	<i>Crypturaphidinae</i>	
	Phyllaphidinae	
	Callaphidinae	
	<i>Israelaphidinae</i>	
	Chaitophorinae	
Lachnidae	Lachninae	Lachninae
Lachninae	Cinarini	Cinarini
Cinarinae	Lachnini	Lachnini
Traminae	Tramini	Tramini
	Pterocommatinae	
	<i>Parachaitophorinae</i>	
	Aphidinae	

* Différent de celui des deux autres classifications, l'ordre dans lequel les sous-familles sont présentées atteste, selon les auteurs, de certaines affinités, mais ne prétend pas retracer l'évolution du groupe.

** En italique figurent les sous-familles nouvelles créées par ces auteurs.

De nombreux autres travaux ont été publiés, dans lesquels les auteurs présentent des clés d'identification des espèces par culture : EASTOP (1953a, 1953b, 1953c, 1954a, 1954b et 1955) pour les pucerons de l'Afrique de l'Est (pucerons polyphages, pucerons vivant sur crucifères, sur légumineuses et sur céréales), STROYAN (1961) pour les aphides des *Citrus*, BLACKMAN et EASTOP (1984) et MARTIN (1983) pour les espèces d'intérêt agronomique en général, ou BLACKMAN et EASTOP (1994) pour les pucerons des arbres.

Si certaines espèces sont aisément reconnaissables, l'identification précise et fiable de certaines autres, notamment dans le genre *Aphis*, est une affaire de spécialistes ayant à leur disposition les collections de référence et la littérature spécialisée correspondante ; ce qui est d'ailleurs le cas pour d'autres arthropodes appartenant à des groupes difficiles (thysanoptères, hyménoptères parasitoïdes et acariens par exemple).

MORPHOLOGIE ET CARACTERES CLÉS

Si la forme du corps (corps globuleux, ovale, aplati, pyriforme ou fusiforme, allongé) est assez différente et constante pour permettre de distinguer de grands groupes, elle est généralement très voisine à l'intérieur du groupe et ne peut constituer un caractère discriminant. Il en est de même de la taille, celle-ci pouvant notamment varier selon les conditions d'alimentation et la période de l'année. Il conviendra toujours de comparer des formes identiques, prises au même stade du cycle biologique des espèces à comparer. La couleur est un caractère intéressant ; elle est due à la présence de divers pigments dans l'hémolymphe mais, au sein d'une même espèce, elle peut varier considérablement selon les biotypes, ou en fonction des individus au sein d'une même espèce, ou de la saison (MÜLLER, 1961).

Le corps peut être nu, ou recouvert d'une pulvérulence plus ou moins épaisse, parfois d'une cire abondante et floconneuse sécrétée par des glandes tégumentaires.

La tête porte des antennes de 3 à 6 articles (5 ou 6 chez les Aphididae adultes) : deux articles basaux courts et trapus, tandis que l'article terminal est composé de deux parties, une partie basale légèrement renflée et un flagelle, ou processus terminal, généralement effilé (figure 6a₁) mais qui peut être aussi court et parfois plus court que la base (figure 6a₂). Chez les Aphididae, il est généralement au moins

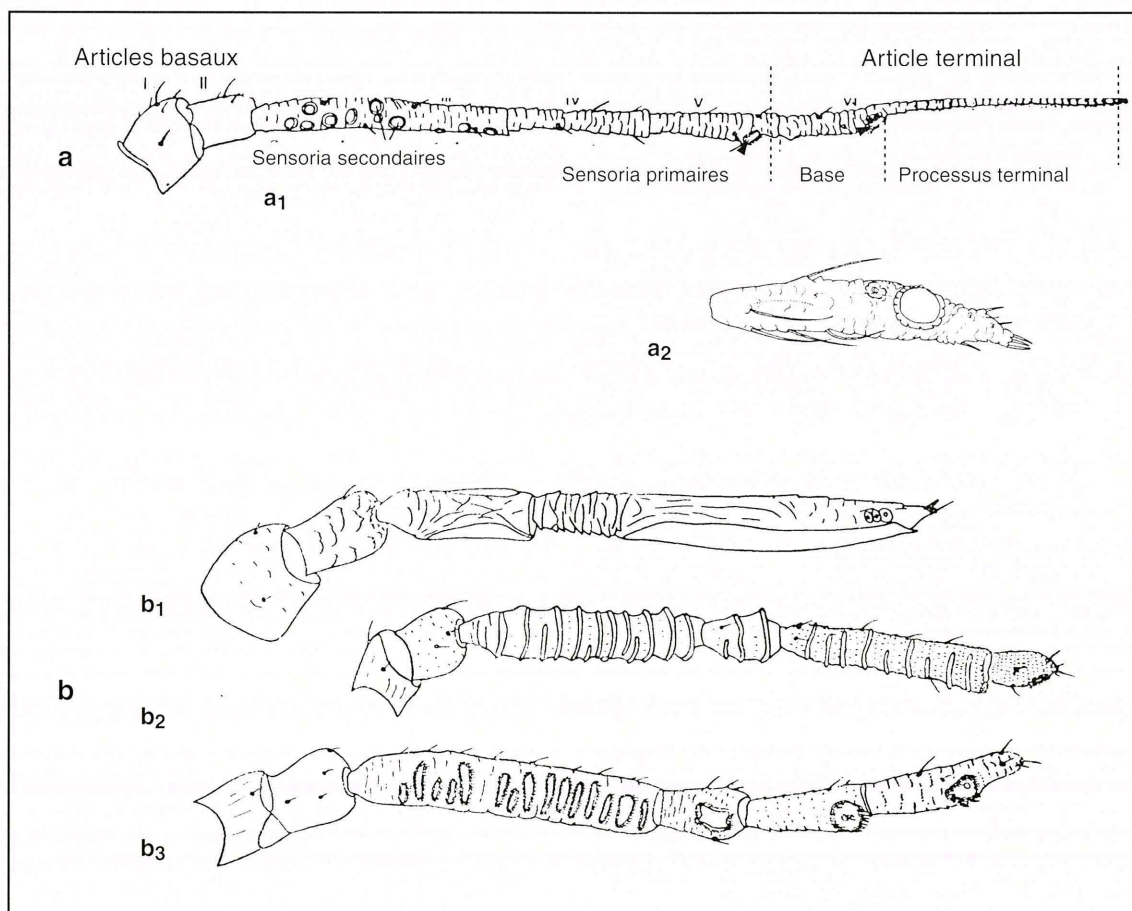


Figure 6

Différents types d'antennes et de sensoria rencontrés chez les pucerons : a₁, Aphidinae (ailé) ; a₂, *Cinara* sp. (article terminal) ; b₁, Phylloxeridae ; b₂, *Tetraneura* sp. (ailé) ; b₃, *Pemphigus* sp. (ailé).

aussi long que la base mais le plus souvent beaucoup plus long (jusqu'à plus de 10 fois) ; en revanche, il est plus court dans certaines sous-familles d'Aphididae. La longueur totale de l'antenne par rapport à la longueur du corps ou la longueur relative de ses différents articles est couramment utilisée dans les clés.

A la partie terminale de l'avant-dernier article de l'antenne et à la base du processus terminal se trouvent des organes sensoriels arrondis : un sensorium primaire entouré de sensoria satellites plus petits, tandis que des sensoria secondaires de forme variée (figures 6a et 6b) sont présents sur les articles III et parfois sur les suivants chez les formes ailées et les mâles aptères, parfois aussi, mais plus rarement, chez les adultes aptères de certaines espèces (dans les genres *Acyrtosiphon*, *Uroleucon* et chez certains rares *Aphis* par exemple). Le nombre, la forme et la distribution de ces sensoria le long des articles sont des caractères mentionnés dans les clés.

Les antennes peuvent reposer directement sur le front ou être portées par des expansions de la tête, appelées tubercules antennaires. Ces tubercules frontaux latéraux délimitent alors un espace plus ou moins profond (le sinus frontal) (figure 7), dont la forme est variable selon les espèces. Le sinus frontal et les tubercules frontaux sont bien développés chez les Macrosiphini (genres *Macrosiphum*, *Myzus* et *Aulacorthum*) ; ils sont absents dans le genre *Aphis*.

Le rostre ou labium (lèvre inférieure) comprend quatre articles bien individualisés ; l'article apical (figure 8a), parfois considéré comme formé de deux éléments, est souvent retenu (forme, longueur et chétotaxie) dans les clés ; il est fréquemment comparé au deuxième article des tarses postérieurs (figure 8b).

Le thorax porte des ailes (chez les formes ailées) : deux paires d'ailes membraneuses, dont la nervation est plus ou moins complète selon les familles ou les sous-familles. Chez les Aphidinae, cette nervation est généralement complète et les nervures peuvent être relativement marquées, parfois rebordées de brun, tandis que les ailes peuvent être pigmentées. Au bord antérieur de l'aile antérieure, on observe un ptérostigma, plus ou moins fortement assombri.

Les pattes sont longues chez la plupart des espèces. Parfois les tibias et les fémurs sont très développés chez les espèces adaptées au saut (Saltusaphidinae). Les tarses sont constitués généralement de deux articles ; le second, beaucoup plus long que le premier, est quelquefois pris en considération et comparé à la longueur de l'article apical du rostre. Leur chétotaxie ne peut être observée sérieusement que sur des spécimens préparés entre lame et lamelle. Mis à part la pigmentation ou l'examen des soies sur les

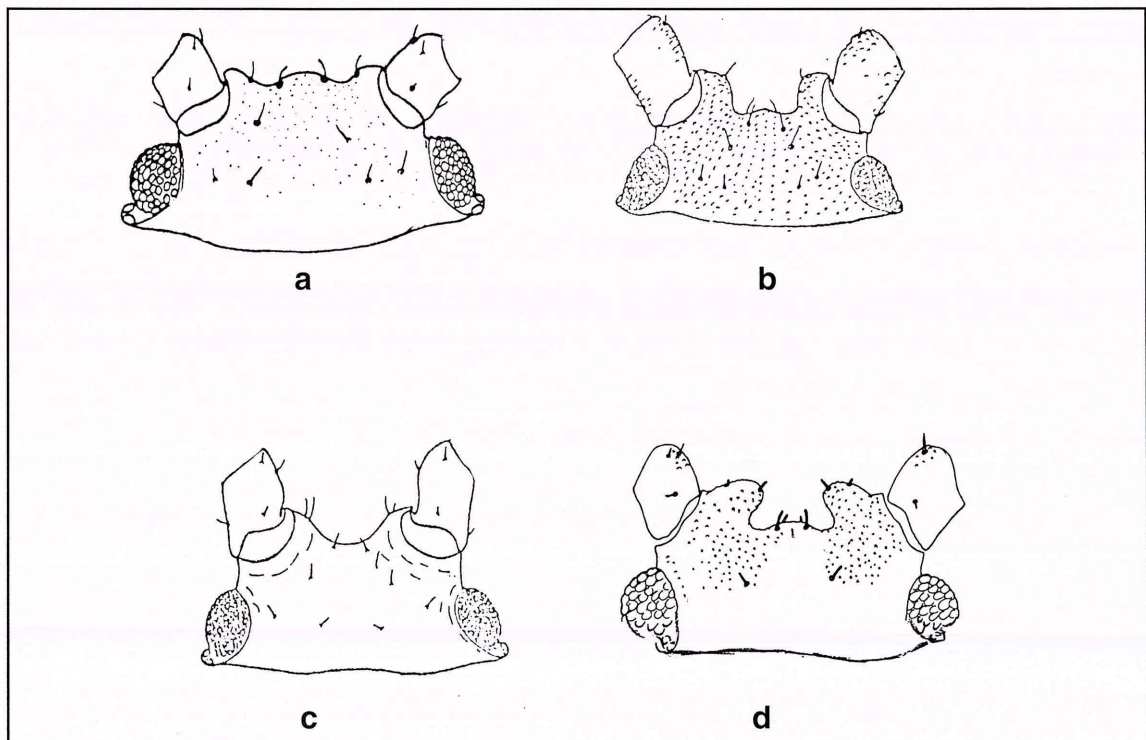


Figure 7

Vue dorsale de la tête de divers Aphidinae montrant le degré de développement des tubercules antennaires : a, *Aphis gossypii* ; b, *Aulacorthum* sp. ; c, *Macrosiphum* sp. ; d, *Myzus* sp.

fémurs et les tibias postérieurs, voire la présence de sensoria nombreux sur les tibias postérieurs plus ou moins renflés des femelles sexuées, on utilise peu les caractères des pattes.

L'abdomen est bien distinct, le plus souvent, du thorax. Il porte parfois des taches pigmentées (sclérotisation) associées au dépôt, plus ou moins abondant, de mélanine dans la cuticule. La forme, la distribution et l'intensité de ces taches plus ou moins étendues sont des caractères utilisables, mais parfois variables pour une même forme d'une même espèce ; les larves ne sont généralement pas mélanisées, pas plus que les adultes immatures.

Dorso-latéralement, l'abdomen porte, le plus souvent, des cornicules (siphons ou nectaires) (figures 9a et 9b₁) de forme, de longueur et de pigmentation variables selon les espèces : du simple pore à des tubes très allongés, cylindriques, coniques, plus ou moins renflés et portant parfois des ornements (striation, spiculation, réticulation, imbrications, collerette apicale et soies). Les cornicules sont totalement absentes chez certains groupes entiers ou seulement chez certaines formes, au sein d'une même espèce. A leur extrémité perle parfois, lorsque le puceron est dérangé ou en situation de détresse, une gouttelette de liquide contenant une phéromone d'alarme.

L'abdomen se prolonge généralement par une queue ou cauda (figure 9b₂) dont la forme, la longueur, la pigmentation ainsi que la chétotaxie constituent souvent des caractères discriminants. Cette cauda est bien individualisée chez l'adulte mais réduite chez les larves, ce qui permet souvent de bien distinguer ces stades de développement.

L'abdomen est orné de soies dont la longueur, la forme, le nombre et la disposition sur chaque segment constituent des caractères distinctifs spécifiques ou génériques importants ; mais, comme les

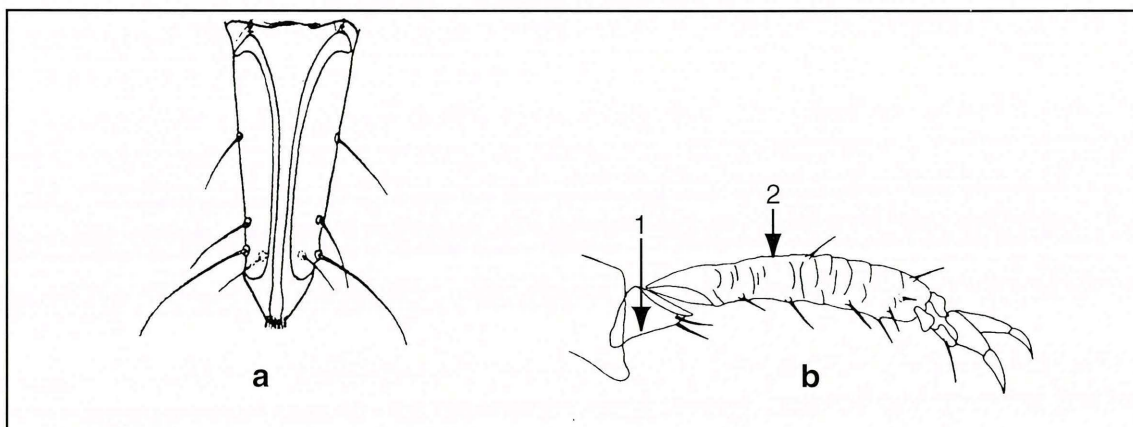


Figure 8
Article apical du rostre (a) et articles 1 et 2 des tarsi postérieurs (b) d'*A. gossypii*.

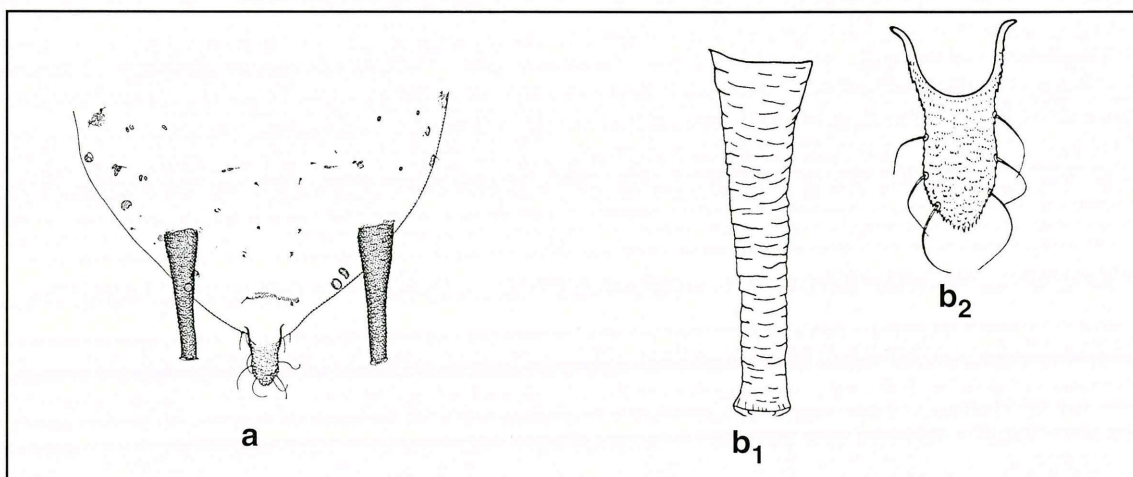


Figure 9
Extrémité de l'abdomen (a) et appendices abdominaux d'*A. gossypii* aptère : cornicule (b₁) et cauda (b₂).

soies des tarsi, elles ne sont bien visibles que sous le microscope, sur des individus préparés entre lame et lamelle. L'abdomen porte parfois des glandes cirières tégumentaires, très développées et nombreuses chez les espèces produisant beaucoup de cire. Enfin, des tubercules, ou papilles, sont parfois présents dans la zone marginale et/ou dans la zone spinale. Ces tubercules marginaux ne doivent pas être confondus avec les stigmates, dont la forme et la structure ainsi que leur disposition par rapport aux papilles sont pris en considération dans les clés. Les Aphidini et les Rhopalosiphini sont caractérisés notamment par la présence de papilles marginales sur les segments I et VII, leur disposition par rapport au stigmate du segment VII permettant de distinguer ces deux tribus. Au contraire, chez les Macrosiphini, ces tubercules ne sont présents que sur les segments II à V. Enfin, chez les Aphidinae, la position relative de ces stigmates sur les segments I et II permet de distinguer les Aphidini, chez lesquels ils sont espacés, des Macrosiphini où ils sont plus rapprochés que ne le sont ceux des segments II et III.

L'identification des pucerons s'appuie surtout sur l'étude des formes vivipares aptères mais aussi sur celle des formes ailées. Pour discerner convenablement les caractères et critères de détermination, il convient de procéder à un examen au microscope de spécimens convenablement préparés entre lame et lamelle.

Les principaux caractères généralement retenus pour être observés et mesurés sont les suivants :

- la longueur du corps ;
- les segments des antennes ou leur longueur ;
- le processus terminal du dernier article antennaire ou sa longueur ;
- le rapport de longueur du processus terminal sur la base du dernier article antennaire ;
- l'article apical du rostre ou sa longueur ;
- le premier et le deuxième article des tarsi postérieurs ou leur longueur ;
- les segments abdominaux ;
- les cornicules ou leur longueur ;
- la cauda ou sa longueur.

Concernant plus spécialement l'Afrique subsaharienne, les ouvrages d'ensemble sont peu nombreux. Le travail de référence est celui d'EASTOP consacré aux pucerons de l'est (1958) et de l'ouest (1961) de l'Afrique. MARTIN (1983), dans sa publication sur les espèces pantropicales, traite de 45 espèces, dont 38 sont présentes en Afrique. Puis, en 1985, a paru l'important ouvrage de REMAUDIÈRE et AUTRIQUE sur l'écologie des pucerons africains, dans lequel le nombre d'espèces de pucerons connues de la région éthiopienne est estimé à 219 (REMAUDIÈRE *et al.*, 1985). Enfin, MILLAR a publié un guide d'identification pour les espèces sud-africaines (1990), puis un catalogue très complet (1994) mentionnant pour chacune des 224 espèces ou sous-espèces traitées, réparties en 92 genres, les citations et références taxonomiques et faunistiques par auteur, la distribution géographique et les plantes hôtes regroupées par famille.

LE PUCERON DU MELON ET DU COTONNIER

Bien connu sur cucurbitacées et cotonnier, d'où son nom commun, appelé aussi Puceron du melon ou Puceron du cotonnier, c'est le *melon aphid*, *cotton aphid* et parfois *green aphid* en anglais, *Gurkenblattlaus* en allemand, *pulgón (amarillo) del algodón (o mielecilla)*, *afido del algodón*, *piogo del algodón* en espagnol. *Aphis gossypii* est une espèce cosmopolite qui se rencontre aujourd'hui dans toutes les régions à hiver doux. Elle est donc très répandue dans les régions tropicales et subtropicales ainsi que dans les régions chaudes tempérées où on peut l'observer dans tous les types de végétation, notamment dans les biotopes affectés par l'activité humaine (HOLMAN, 1974). Dans la zone subsaharienne, c'est l'espèce la plus connue et la plus polyphage. Dans les régions à hiver plus froid, *A. gossypii* se maintient à la faveur des serres sur de nombreuses plantes légumières ou ornementales. Cette espèce est donc présente (figure 10) dans la totalité des zones de culture du cotonnier dans le monde (figure 11).

A. gossypii présente une grande variabilité morphologique (BATCHELDER, 1927 ; WALL, 1933 ; BEHURA et ACHARYA (1983) et une biologie complexe offrant divers types de cycle, selon les zones géographiques où l'espèce a été étudiée (THOMAS, 1968 ; INAIZUMI, 1981 ; ZHANG et ZHONG, 1990 ; O'BRIEN *et al.*, 1991).

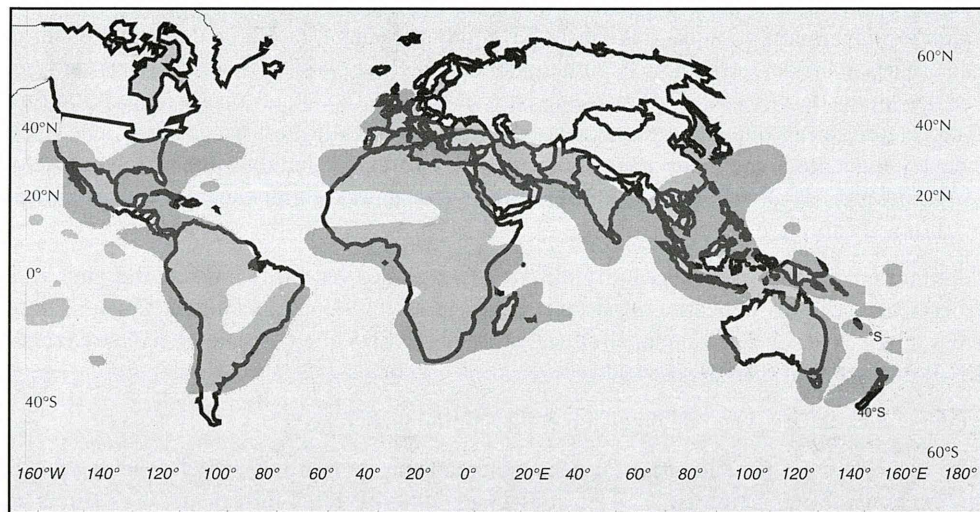


Figure 10
Aire de distribution d'*A. gossypii* dans le monde (Commonwealth Agricultural Bureaux International, 1990).

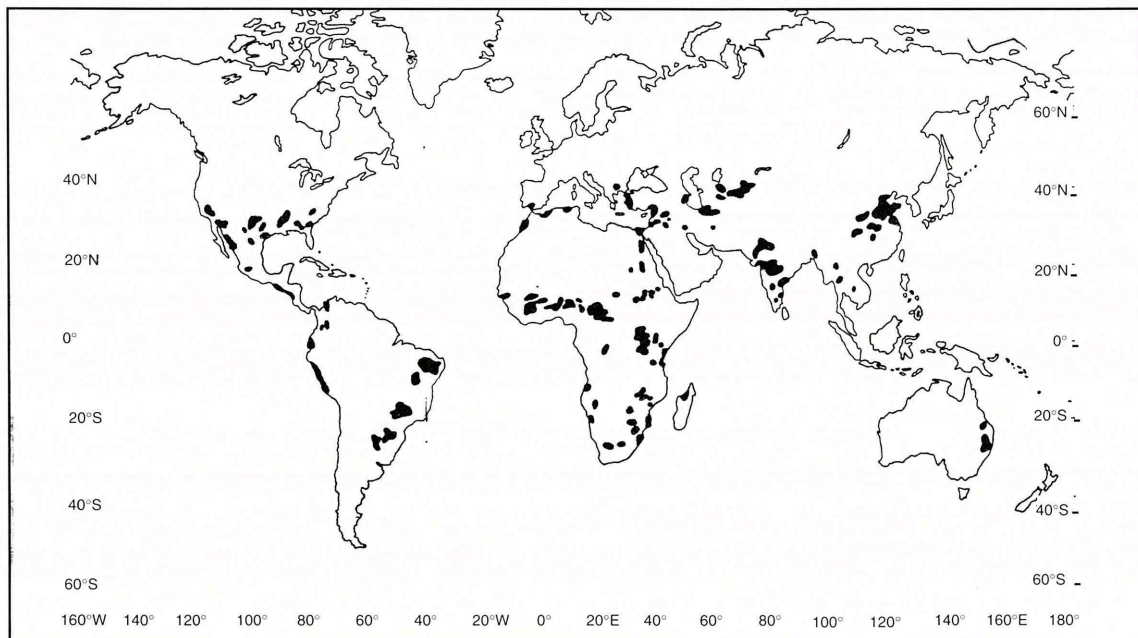


Figure 11
Zones de culture cotonnière dans le monde (MATTHEWS, 1989a).

DESCRIPTION D'*APHIS GOSSYPHII*

C'est un puceron de couleur extrêmement variable ; on peut ainsi observer au sein d'une même colonie des individus verts, jaunes ou bruns plus ou moins clairs ou foncés, avec toutes les nuances intermédiaires assemblant les diverses couleurs. On rencontre aussi des individus blanchâtres, notamment les petits spécimens, se développant sous des températures élevées. Cette variabilité de taille et de couleur se superpose au polymorphisme des générations qui constitue, avec la variabilité des cycles en fonction du milieu, une des particularités remarquables des Aphididae.

Les caractères portés par les différents stades larvaires ne sont généralement pas pris en considération comme discriminants dans les clés, excepté pour le premier stade utilisé seulement chez un nombre restreint d'espèces, alors que cette forme est souvent révélatrice des affinités existant entre groupes. En revanche, il peut être intéressant de savoir reconnaître les différents stades (planche I), en vue notamment d'étudier la dynamique des populations, et plus spécialement lorsque l'on s'intéresse à leur structure démographique et à leurs fluctuations.

La taille des individus apparaît à première vue comme un caractère simple devant permettre, sans faire appel à un examen microscopique, de réaliser des regroupements. En effet, à un instant et sur une espèce végétale donnés, dans des conditions de milieu identiques, il est possible de rassembler, sans grand risque d'erreur, les larves des 1^{er} et 2^e stades, d'une part, et des 3^e et 4^e d'autre part, en se basant uniquement sur ce caractère. Le regroupement des stades N3 et N4, futurs ailés, est particulièrement aisé grâce à la présence des ébauches alaires (ptérothèques), sortes de fourreaux latéraux sombres, bien développés chez les N4 (planche I), et aussi par la forme du corps — le thorax commence à s'individualiser — et sa couleur, brune à vert olive foncé.

La distinction précise entre des individus de deux stades larvaires consécutifs (L1 à L4) est, en revanche, beaucoup plus délicate et doit être réalisée sous la loupe binoculaire. On considère alors les longueurs relatives des articles antennaires et leur nombre, ainsi que la forme et la chétotaxie de la cauda (NASSAR *et al.*, 1962 ; SAMHAN, 1990).

Tout dépend en fait du degré de précision et de fiabilité recherché.

Chez l'aptère adulte, les antennes, formées généralement de 6 articles (5 chez les petits spécimens), sont pâles, excepté les articles basaux I et II et les deux articles terminaux. Les tibias sont pâles, rembrunis à l'extrémité, les tarsi sont sombres. Les cornicules sont noires, deux fois plus longues que la queue, plus pâle, qui porte 5 à 7 soies. Selon WALL (1933), la taille des individus est bien corrélée avec la couleur. Les individus pâles, jaunâtres ou blanchâtres, sont généralement de petite taille (inférieure à 1 mm) et possèdent des appendices relativement plus courts : les cornicules sont pâles et seulement rembrunies à l'extrémité, et leur longueur dans ce cas n'excède pas 1,5 fois celle de la queue, qui est également claire. On rencontre de tels individus en situation chaude et au sein des colonies populeuses.

Sur des individus préparés (éclaircis et montés entre lame et lamelle), la cuticule dorsale de l'aptère est membraneuse et dépourvue de pigmentation. Seule la tête est assombrie. Les cornicules sont foncées, toujours plus sombres que la queue. La longueur des antennes dépasse légèrement la moitié de la longueur du corps. Le processus terminal du dernier article est 2 à 3 fois plus long que sa base. Les cornicules sont coniques sur leur moitié basale, puis nettement cylindriques vers l'apex.

Chez l'ailé, la tête et le thorax sont sombres, de même que les antennes, toujours formées de 6 articles, ce qui permet de distinguer *A. gossypii* d'*A. kachkouli* Remaudière. Les cornicules, noires, sont 1,5 à 2 fois plus longues que la queue généralement ocracée, mais noire chez les grands individus. L'abdomen porte des sclérites marginaux et postcorniculaires bien développés, une étroite bande transversale bien pigmentée sur le segment VIII ainsi que de petits sclérites épars faits de quelques cellules pigmentées. Les antennes sont égales aux 2/3-3/4 de la longueur du corps, avec un processus terminal 2,5 à 3 fois plus long que la base ; l'article III porte 3 à 9 sensoria secondaires, alignés tout le long de l'article.

Outre une variabilité morphologique, *A. gossypii* présente une variabilité dans sa biologie qui n'est pas sans poser quelques problèmes au taxinomiste.

STATUT TAXINOMIQUE

Pour les auteurs européens, *Aphis gossypii* est une espèce polyphage et anholocyclique, très voisine et même pratiquement indiscernable, sur des critères morphologiques, de plusieurs autres espèces européennes (*A. capsellae* Kaltenbach, *A. beccabungae* Koch et *A. testacea* Thomas) et constituant avec elles un complexe de sous-espèces, au sein de l'espèce *Aphis frangulae* Kaltenbach (STROYAN, 1984). Ces cinq entités peuvent être distinguées selon des critères biologiques (tableau 2) (MÜLLER, 1986).

Sous les tropiques, le cycle d'*A. gossypii* se déroule toute l'année uniquement avec des femelles parthénogénétiques, aptères et ailées. Il en est de même dans le sud des Etats-Unis où, toutefois, l'espèce peut également présenter une génération sexuée et passer l'hiver, sous la forme d'œuf, sur le cotonnier (SARTOR *et al.*, 1976 ; O' BRIEN *et al.*, 1990 et 1991).

En revanche, au Japon, en Chine et en Corée, *A. gossypii* est considéré comme une espèce hétéroécique complètement holocyclique (EGUCHI, 1937 ; MORITSU, 1948 ; SHIBATA, 1955 ; SORIN, 1975 ; KOMAZAKI *et al.*, 1979 ; INAIZUMI, 1980 et 1981 ; TAKADA, 1988) présentant plusieurs biotypes différents. Tel est également le cas dans le nord des Etats-Unis (KRING, 1955 et 1959). Récemment, FERRARI et NICOLI (1994) ont signalé, en Emilie-Romagne, une hibernation à l'état d'œuf sur *Hibiscus syriacus* L., comme aux Etats-Unis (KRING, 1959) ou au Japon (INAIZUMI, 1981). En Inde, des mâles ailés et des femelles ovipares ont été signalés par RAYCHAUDHURI *et al.* (1980) sur *Bidens pilosa* L.

Au Japon, INAIZUMI (1981) a distingué quatre biotypes : deux formes hétéroéciques holocycliques, une forme holocyclique monoécique et enfin une forme anholocyclique. A ces quatre biotypes TAKADA (1988) ajoute l'existence d'une forme androcyclique [c'est une anholocyclie dans laquelle apparaissent régulièrement des mâles permettant ainsi de conserver, dans le pool génique de l'espèce, l'aptitude à l'anholocyclie (BLACKMAN, 1986)].

TABLEAU 2

Complexe *frangulae* sp. et sous-espèces associées. Caractéristiques biologiques et de coloration (d'après MÜLLER, 1986).

Nom correct du taxon	Alternance d'hôte	Couleur dominante	Plante hôte admise	
			Concombre	Coton
<i>Aphis frangulae</i> Kaltenbach, 1845 s.str.	facultative sur <i>Rhamnus frangula</i> L.	gris bleu foncé à presque noir	non	non
<i>A. frangulae beccabungae</i> Koch, 1855		brun jaune à vert jaune	non	non
<i>A. frangulae testacea</i> Thomas, 1968	principalement monoécique sur <i>Rhamnus frangula</i> L.	jaune brun	non	non
<i>A. frangulae capsellae</i> Kaltenbach, 1843	pas d'alternance d'hôte n'admet pas <i>Rhamnus frangula</i> L. comme hôte	vert à gris bleu assez foncé	non	non
<i>A. frangulae gossypii</i> Glover, 1877	anholocyclique ou holocyclique (monoécique ou hétéroécique)	très variable : blanchâtre jaune clair à vert très foncé	maximum* variable	maximum* variable

* Certains clones vivant normalement sur cotonnier ne peuvent coloniser les cucurbitacées et vice versa

De leur côté, ZHANG et ZHONG (1990) ont observé en Chine trois grands types de cycles : anholocyclie, holocyclie avec hétéroécie et holocyclie avec monoécie.

Ajoutons que ces différents biotypes présentent également une spécificité, plus ou moins stricte, quant aux plantes hôtes sur lesquelles les cycles peuvent se dérouler.

En résumé, on peut dire qu'*A. gossypii* est un insecte cosmopolite, présentant une gamme d'hôtes si large qu'il peut être considéré comme omnivore. Ces deux caractéristiques, liées aux facultés adaptatives prodigieuses du groupe, ont contribué à assurer à l'espèce une variabilité extraordinaire (PADDOCK, 1919 ; PATCH, 1925 ; ROBERTI, 1946 ; KRING, 1959 ; PRILOP, 1961 ; KIRKPATRICK, 1957 ; PEARSON, 1958 ; NASSAR *et al.*, 1962 ; BÖHM, 1964 ; SCHMUTTERER, 1969 ; DELATTRE, 1973 ; GHOVANLOU, 1974 ; EASTOP, 1977b ; INAZUMI, 1981 ; HILL, 1983 ; ARAUJO et DE SALES, 1985 ; HECTOR et HODKINSON, 1989 ; SLOSSER *et al.*, 1989 ; LECLANT, 1990 ; SAMHAN, 1990 ; MILLAR, 1990 ; TRIVEDI et GADEWAR, 1990 ; O'BRIEN *et al.*, 1992b). De plus, au sein du groupe *frangulae sensu lato*, la sous-espèce *gossypii* apparaît elle-même comme une mosaïque de sous-unités distinctes. Cela peut expliquer le nombre important de synonymes rencontrés dans la littérature (tableau 3) pour désigner ce puceron que la Commission de nomenclature a décidé, quoi qu'il arrive, de nommer définitivement *Aphis gossypii* Glover, 1877 (RUSSELL, 1968).

TABLEAU 3

Synonymes d'*Aphis gossypii* Glover, 1877 (d'après EASTOP et HILLE RIS LAMBERS, 1976, et REMAUDIÈRE et REMAUDIÈRE, 1997). *A. gossypii* est un membre du complexe des espèces et sous-espèces interfertiles suivantes, dont le statut n'est pas encore complètement fixé.

<i>frangulae</i> Kaltenbach, 1845	= <i>gossypii</i> var. <i>callicarpae</i>
<i>mamontovae</i> Davletshina, 1964 ?	Takahashi, 1921
<i>rahami</i> Kaltenbach, 1843	= <i>gossypii</i> var. <i>lutea</i> Nevsky, 1929
nec Boyer de Fonscolombe, 1841	= <i>gossypii</i> var. <i>obscura</i> Nevsky, 1929
<i>frangulae</i> subsp. <i>beccabungae</i> Koch, 1855	= <i>gossypii</i> var. <i>viridula</i> Nevsky, 1929
<i>frangulae</i> subsp. <i>capsellae</i> Kaltenbach, 1843	= <i>hederella</i> Theobald, 1915
<i>frangulae</i> subsp. <i>testacea</i> Thomas, 1968	= <i>helianthi</i> del Guercio, 1916
<i>gossypii</i> Glover, 1877	= <i>heliotropii</i> Macchiati, 1885 ?
= <i>affinis</i> var. <i>gardeniae</i> del Guercio, 1913	= <i>hibiscifoliae</i> Shinji, 1922
= <i>aurantii</i> var. <i>limonii</i> del Guercio,	= <i>inugomae</i> Shinji, 1922
1917 (<i>Toxoptera</i>)	= <i>leonuri</i> Takahashi, 1921 (<i>Toxoptera</i>)
= <i>bauhiniae</i> Theobald, 1918	= <i>ligustriella</i> Theobald, 1914
= <i>bryophyllae</i> Shinji, 1922	= <i>lilicola</i> Williams, 1911 ?
= <i>calendulicola</i> Monell	= <i>malvacearum</i> van der Goot
<i>in</i> Riley et Monell, 1879	ex B. Das, 1918
(syn. par Cook, 1984)	= <i>malvoides</i> B. Das, 1918
= <i>chloroides</i> Nevsky, 1929	nec van der Goot, 1917
= <i>circeazandis</i> Fitch, 1870	= <i>minuta</i> Wilson, 1911
= <i>citri</i> Ashmead, 1887 ex Essig, 1919	= <i>monardae</i> Oestlund, 1887
= <i>citrulli</i> Ashmead, 1882	= <i>oxalis</i> Macchiati, 1884 ?
= <i>colocasiae</i> Matsumura, 1917	= <i>parvus</i> Theobald, 1915
= <i>commelinae</i> Shinji, 1922	= <i>perillae</i> Shinji, 1922 ?
= <i>convolvulicola</i> Ferrari, 1872 ?	= <i>pomonella</i> Theobald, 1916
= <i>cucumeris</i> Forbes, 1883	= <i>pruniella</i> Theobald, 1918
= <i>cucurbiti</i> Buckton, 1879	= <i>shirakii</i> Takahashi, 1921
= <i>ficus</i> Theobald, 1918 ?	= <i>solanina</i> Passerini, 1863
= <i>flava</i> Nevsky, 1929	= <i>tectonae</i> van der Goot, 1917
	= <i>tridacis</i> Theobald, 1929
	= <i>vitifoliae</i> Shinji, 1922

PLANTES HÔTES

Aphis gossypii peut être considéré, nous l'avons dit, comme une espèce omnivore, tellement sa gamme d'hôtes est large. C'est vraisemblablement, avec *Myzus persicae* (Sulzer), l'espèce la plus polyphage qui existe au sein du groupe des aphides. Mais l'existence de clones différents et de biotypes maintenus par parthénogenèse conduit à considérer que certains d'entre eux sont adaptés génétiquement à un type d'hôte qu'ils sélectionnent de préférence et sur lequel ils extériorisent pleinement leur potentiel biotique (WEBER, 1985 ; DIXON, 1987).

Compte tenu de son importance agronomique, nombreux sont les auteurs qui se sont attachés à étudier le spectre d'hôtes d'*A. gossypii* (tableau 4) (BATCHELDER, 1927 ; YOUNG et GARRISON, 1949 ; COTTIER, 1953 ; MORITSU, 1954 ; HIGUCHI et MIYAZAKI, 1959 ; SHIM *et al.*, 1979 ; INAIZUMI, 1981 ; BEHURA et ACHARYA, 1983 ; HOLMAN, 1974 ; REMAUDIÈRE *et al.*, 1985 ; KANDORIA *et al.*, 1989 ; SLOSSER *et al.*, 1989 ; O'BRIEN *et al.*, 1992b ; MILLAR, 1994). Les inventaires floristiques les plus complets sont ceux d'ESSIG (1947) qui cite 350 espèces, LEONARD *et al.* (1971) qui fait état de 204 plantes appartenant à 35 familles et ROY et BEHURA (1983) qui ont recensé 220 espèces réparties dans 46 familles.

TABLEAU 4

Principaux inventaires des plantes hôtes d'*A. gossypii* effectués dans le monde.

Pays	Référence	Nombre de familles	Nombre de genres	Nombre d'espèces
Etats-Unis	ESSIG, 1947			350
Etats-Unis	YOUNG et GARRISON, 1949			21
Etats-Unis	LEONARD <i>et al.</i> , 1971	35		204
Etats-Unis	SLOSSER <i>et al.</i> , 1989			64
Etats-Unis	O'BRIEN <i>et al.</i> , 1992b			24
Japon	HIGUCHI et MIYAZAKI, 1959	43		116
Inde	ROY et BEHURA, 1983	46		220
Nouvelle-Zélande	COTTIER, 1953	20		
Afrique de l'Est	EASTOP, 1958	15		
Afrique de l'Ouest	EASTOP, 1961	60		
République centrafricaine	VAISSAYRE, 1970	7	9	20
Burundi	REMAUDIÈRE <i>et al.</i> , 1985	35		83
Cameroun	EKUKOLE, 1993a	8	10	14
Afrique *	MILLAR, 1994	91	303	407
Cameroun	DEGUINE, 1995a	63	192	302
Afrique *	DEGUINE <i>et al.</i> (en préparation)	103	420	658
Monde *	INAIZUMI, 1980	116		912

* : inventaire établi sur la base de données bibliographiques

A partir des données de la littérature (19 études concernant tous les continents) et de ses propres travaux, INAIZUMI (1980) a répertorié toutes les plantes citées comme hôtes d'*A. gossypii* dans le monde, ce qui lui permet de citer 912 espèces appartenant à 116 familles, auxquelles ROY et BEHURA (1983) ajoutent les Asteraceae, Balsammaceae, Bersaraceae, Brassicaceae, Caesalpinaceae, Cannabinaceae, Capparidaceae, Dipterocarpaceae, Fabaceae, Lamiaceae et Tiliaceae. Trente espèces appartenant aux Solanaceae sont en outre mentionnées.

En Afrique, les plantes hôtes citées le plus souvent vont des diverses cultures assolées au cotonnier en saison de culture jusqu'aux Cucurbitaceae, divers légumes, les agrumes et un grand nombre de plantes irriguées en saison sèche (PEARSON, 1958 ; EASTOP, 1958 et 1961 ; NASSAR *et al.*, 1962 ; KHALIFA et SHARAF EL-DIN, 1964 ; SCHMUTTERER, 1969 ; VAISSAYRE, 1970 ; EASTOP, 1977b ; CAUQUIL et VINCENS, 1982 ; EL-NAGAR *et al.*, 1984 ; REMAUDIÈRE *et al.*, 1985 ; AUTRIQUE et PERREAUX, 1989). Les données les plus complètes semblent être celles de REMAUDIÈRE *et al.* (1985). Enfin, DEGUINE *et al.* (en préparation) présentent un inventaire de 658 espèces, appartenant à 420 genres distribués dans 103 familles dont les plus importantes sont, en nombre d'espèces représentées, les Asteraceae (15 %), les Fabaceae (7 %), les Poaceae (6 %), les Malvaceae (5 %), les Rosaceae, les Rubiaceae et les Solanaceae avec chacune 3 %.

BIOLOGIE

NUTRITION ET ALIMENTATION

Comme la plupart des insectes piqueurs-suceurs phytophages, *Aphis gossypii* prélève la sève élaborée de la plante hôte (figure 4), en insérant ses stylets à travers le parenchyme jusqu'au phloème, que le puceron atteint après avoir effectué un certain nombre de piqûres d'essai dans les tissus épidermiques. Grâce à des mécanorécepteurs, situés au niveau des tarses et de l'article apical du rostre, et de chémorécepteurs localisés à l'extrémité des stylets et dans le canal alimentaire (organe épipharyngien), le puceron est capable d'apprécier diverses caractéristiques physiques ou chimiques du support sur lequel il évolue, et de reconnaître sa plante hôte (LECLANT, 1988).

Les colonies d'*A. gossypii* se rencontrent presque exclusivement à la face inférieure des feuilles, où les insectes s'alimentent et se reproduisent (photographie IIa). En effet, après quelques piqûres expérimentales dans les tissus épidermiques de la face supérieure sur laquelle ils se sont posés ou ont été déposés, les pucerons, aptères ou ailés, gagnent rapidement la face inférieure. Cette orientation préférentielle résulte vraisemblablement d'une plus grande richesse de l'épiderme inférieur en substance stimulant les piqûres d'essai ou favorisant la fixation des muscles, en vue de la prise de nourriture (KLINGAUF, 1972 et 1987a). Pour d'autres auteurs, la moindre luminosité (AUCLAIR, 1967b) ou la plus grande accessibilité du phloème en serait la raison (DAVIDSON, 1923 ; EVANS, 1938). L'effet de la pesanteur est à rejeter, l'insecte ayant le même comportement si la face inférieure de la feuille est tournée vers le haut.

Besoins nutritifs

La qualité de la nourriture est un facteur important intervenant sur le développement et la reproduction des pucerons (DIXON, 1987a et 1987b), en particulier sa richesse en sucres et en acides aminés. Son influence sur la survie et le développement des aphides a notamment été étudiée sur milieu synthétique (MITTLER et DADD, 1962 ; AUCLAIR, 1969). Cette alimentation est constituée essentiellement d'eau et de sucres, dont le saccharose (disaccharide) qui est en outre un phagostimulant, et dont la plus grande partie (70 %) sera rejetée sous forme de miellat après avoir subi l'action d'enzymes digestives ; les sucres excrétés sont en effet des trisaccharides, comme le mélézitose. Le remplacement du saccharose par le glucose ou le fructose (monosaccharides), ou par d'autres sucres, dans le milieu nutritif a un effet dépressif sur les populations (AUCLAIR, 1967a et 1967b). L'ingestion de grandes quantités de sève — un puceron tel qu'*A. gossypii* peut vraisemblablement ingérer 30 à 50 % de son poids frais de sève par heure (AUCLAIR, 1963) — s'explique par sa relative pauvreté en acides aminés, en particulier des acides aminés soufrés, tels que la cystéine et la méthionine ; ceux-ci sont en effet indispensables, selon TURNER (1971), au développement du puceron sur milieu synthétique. Diverses autres substances — dont certains composés phénoliques (flavonols et flavanols) — sont fréquemment présentes chez les plantes et leur teneur, variable selon l'état physiologique de la plante ou selon les cultivars, peut influencer la biologie et le développement du puceron. Il en est de même du pH (AUCLAIR, 1967a).

Influence de la plante hôte

L'âge de la plante hôte, son ensoleillement, son alimentation hydrique et minérale en particulier déterminent la composition chimique de la sève et influent sur la turgescence (pression osmotique) des tissus : d'où une action sur le développement des populations. WU *et al.* (1988) ont, par exemple, observé en Chine une réduction des effectifs de pucerons en relation avec une baisse du taux d'acides aminés dans la plante. ALLEN *et al.* (1992) ont montré que les niveaux de population d'*A. gossypii* sont négativement corrélés avec la concentration en nitrates des pétioles.

Les travaux relatant l'influence de l'alimentation minérale de la plante sur les infestations en pucerons sont très nombreux : citons ceux de DAVIDSON (1925) sur *Aphis fabae* Scopoli, COON (1959) sur *Rhopalosiphum insertum* (Walker), BRANSON et SIMPSON (1966) sur *R. maidis* (Fitch), VAN EMDEN (1966a) sur *Brevicoryne brassicae* (L.), AUCLAIR et SRIVASTAVA (1972) sur *Acyrtosiphon pisum* (Harris) ou HONECK (1991) sur *Metopolophium dirhodum* (Walker).

Diverses études menées sur *A. gossypii* portent notamment sur l'influence de la fertilisation azotée. Tous les auteurs s'accordent pour reconnaître qu'une déficience en cet élément influe directement sur certains facteurs du potentiel biotique et conduit finalement à une réduction des niveaux de population (ISELY, 1946 ; RADEV, 1968 ; VAISSAYRE, 1970 ; RASMY et HASSIB, 1974 ; EL-FATTAH, 1975 ; VILLAMAYOR, 1976 ; RATCHFORD *et al.*, 1989). Il en serait de même de la fumure organique (RADEV, 1968). Selon ISELY (1946), la fécondité journalière peut être réduite de 12,5 % et la descendance totale d'une femelle vivipare de 16,5 % en moyenne, lorsque les plantes hôtes sont cultivées sur des solutions appauvries en azote. La fertilisation azotée favoriserait une augmentation de l'azote soluble des feuilles et influerait ainsi sur le potentiel biotique des pucerons (RASMY et HASSIB, 1974), phénomène qui avait été signalé sous le nom de trophobiose par CHABOUSSOU (1969) et relaté par divers auteurs suite à des applications d'insecticides (DUNNAM et CLARK, 1941 ; RISCH, 1987 ; BROWN et REED, 1992). VAISSAYRE (1970), tout en reconnaissant l'effet favorable de l'azote sur les colonies de pucerons, fait toutefois remarquer qu'une déficience en cet élément accélère la protéolyse qui tend, d'un autre côté, à libérer de l'azote soluble dans les feuilles. Une accumulation d'azote soluble peut, selon le même auteur, être due à une déficience en phosphore qui inhiberait le métabolisme protéique. De même, une déficience en potassium provoquerait une augmentation de la fécondité par augmentation de l'azote soluble.

La richesse en azote des apex au moment de la floraison expliquerait, selon VAISSAYRE (1970), cette localisation préférentielle des pucerons à cette époque ; la richesse en azote des feuilles affecterait également la sensibilité des pucerons à divers insecticides (McKENZIE *et al.*, 1995). Selon la qualité de la plante hôte — genre, espèce ou variété — divers paramètres du potentiel biotique peuvent être affectés, par exemple la fécondité. KHALIFA et SHARAF EL-DIN (1964) et EKUKOLE (1990) enregistrent une fécondité maximale sur cotonnier : *Gossypium barbadense* L. pour les premiers en Egypte, *G. hirsutum* L. pour le second au Cameroun. Pour GHOVANLOU (1976), la production de larves par femelle est plus élevée sur *Citrullus* sp. que sur *Cucurbita citrullens* L., mais la vitesse de développement est plus élevée sur cotonnier que sur Cucurbitaceae. Enfin, INAIZUMI (1981) note une plus grande fécondité sur *Solanum tuberosum* L., *Cucumis sativus* L. et *Colocasia* sp. que sur onze autres espèces.

Le stade phénologique de la plante peut également influencer sur la distribution des pucerons (VAISSAYRE, 1970). Lors d'observations effectuées en République centrafricaine sur cotonnier, l'auteur note — nous l'avons vu — que, durant la floraison, les pucerons affectionnent plus particulièrement les extrémités de la plante, riches en azote, alors qu'à cet endroit les pucerons ne sont pas particulièrement abrités de la pluie et de l'ensoleillement intense. En revanche, lors de la fructification et de la maturation des capsules, les insectes sont plutôt localisés sous les feuilles les plus âgées, à la base et près de l'axe de la plante. C'est aussi ce que constatent CAUQUIL *et al.* (1982) sur la même plante (figure 12) et BANERJEE et RAYCHAUDHURI (1985) sur *Solanum melongena* L., en Inde.

Les résultats et observations présentés par différents auteurs, parfois en contradiction les uns avec les autres, rendent l'analyse particulièrement délicate, dès lors que la méthodologie expérimentale n'est pas précisément décrite. Certains (KHALIFA et SHARAF EL-DIN, 1964 ; VAISSAYRE, 1970 ; ROY et BEHURA, 1983 ; SLOSSER *et al.*, 1989) ont par exemple montré que, selon l'âge des feuilles, les populations d'*A. gossypii* étaient différemment affectées, le développement étant généralement plus rapide sur jeunes feuilles, à l'inverse de la fécondité, plus élevée sur les feuilles âgées.

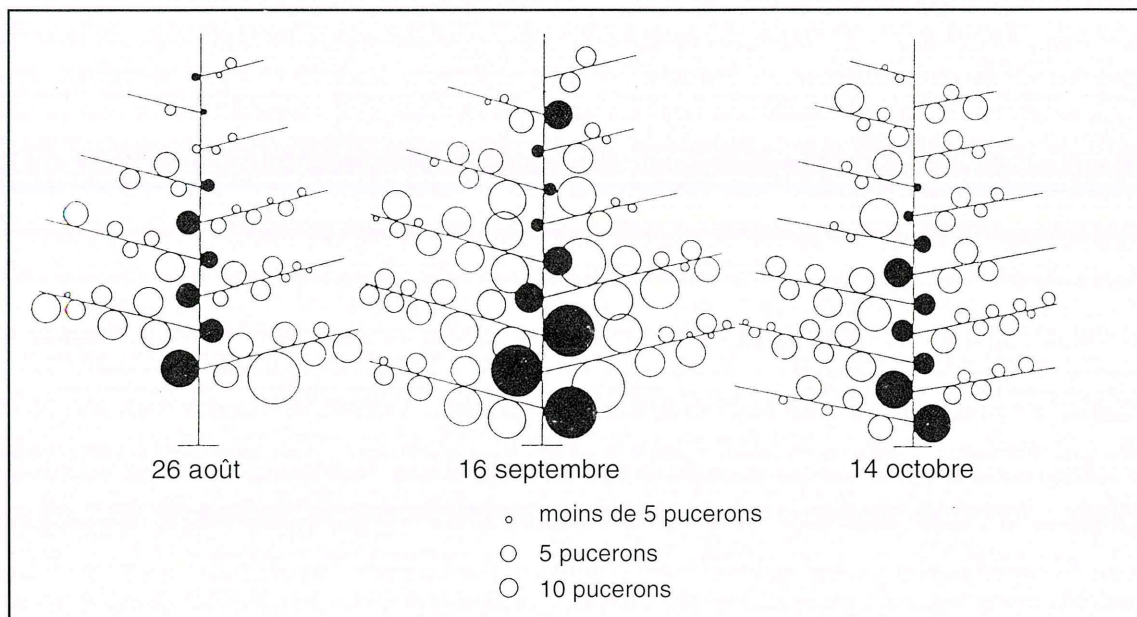


Figure 12
Distribution des pucerons sur les cotonniers (CAUQUIL *et al.*, 1982).

POTENTIEL BIOTIQUE

Les principaux facteurs intrinsèques intervenant sur le potentiel biotique d'un puceron sont :

- sa fécondité et sa longévité ;
- son mode de reproduction (viviparité, parthénogenèse), donc sa sex-ratio ;
- et, surtout, le nombre de générations qu'il est susceptible de développer en un an, cela étant naturellement fonction de sa vitesse de développement.

Fécondité et longévité

La fécondité d'*Aphis gossypii*, comme d'ailleurs celle de pratiquement toutes les espèces de pucerons dans leur phase parthénogénétique, est extrêmement élevée, et cela vaut aussi bien pour les *ovipara* que pour les *vivipara*. Elle est en moyenne d'une centaine de descendants par femelle, avec toutefois quelques variations en fonction de la température (tableau 5) et de la plante hôte (tableau 6) notamment, et selon les conditions d'observation, au champ ou au laboratoire. La fécondité peut également varier d'une souche à une autre. PADDOCK (1919) observe une descendance de 80 larves par femelle, EASTOP (1977b) en dénombre 20 à 140, 33 à 56 pour NASSAR *et al.* (1962), 123 pour RADEV (1968), 70 à 117 pour SHIM *et al.* (1979) et jusqu'à 150 pour SCHMUTTERER (1969). Il a en outre été montré que le nombre de larves pondues par un adulte est proportionnel au poids de cet adulte avant que ne commence la ponte, le poids des femelles dépendant des facteurs du milieu. En effet, nous avons vu que sous des températures élevées on observait de petits individus. Il en est de même selon la composition de la nourriture ; une alimentation sur une plante hôte de mauvaise qualité, sénescence ou hébergeant des colonies denses et populeuses, avec un fort degré de stimulation tactile des individus (BONNEMAISON, 1951 ; LEES, 1966 ; WAY, 1968 ; VAISSAYRE, 1970 ; LIU et PERNG, 1987 ; SLOSSER *et al.*, 1989), est généralement pénalisante. Cela s'accompagne aussi d'une production importante d'ailés. Ainsi, en général, au fur et à mesure que la densité de la population augmente, le poids et la fécondité des adultes diminuent. Cela est particulièrement net chez des espèces, telles *M. persicae* ou *B. brassicae*, fortement agrégatives, mais peut s'observer, aussi, chez *A. gossypii*. Tout cela va dans le sens d'une adaptation à l'exploitation maximale et rapide du milieu, comme cela a été vu dans le chapitre introductif.

La forme, aptère ou ailée, a également une influence, les aptères étant généralement plus féconds que les ailés, ces derniers étant surtout chargés d'assurer la dissémination de l'espèce et la colonisation de nouvelles plantes hôtes que les générations d'aptères ultérieures complèteront. La période de reproduction des ailés est également plus courte. KHALIFA et SHARAF EL-DIN (1964) ont observé, en

TABLEAU 5

Fécondité d'*Aphis gossypii* sur cotonnier à différentes températures (d'après AKEY et BUTLER, 1989).

Température (C°)	Nombre de pucerons	Nombre de larves par jour	Ecart-type
15,0	22	0,39	± 0,12
17,5	15	0,50	± 0,15
20,0	16	0,75	± 0,24
22,5	19	1,83	± 0,32
25,0 a	20	2,85	± 0,43
27,5	19	2,61	± 0,26
30,0	24	2,71	± 0,34
32,5	15	1,05	± 0,20

a : température optimale

TABLEAU 6

Fécondité d'*Aphis gossypii* en fonction de la plante hôte (d'après EKUKOLE, 1990).

Plante hôte	Famille	Fécondité moyenne par 24 h *	Niveau d'infestation au champ
Okra <i>Abelmoschus esculentus</i>	Malvacée	5,16 a **	+++
Coton <i>Gossypium hirsutum</i>	Malvacée	4,76 a	+++
Kenaf <i>Hibiscus cannabinus</i>	Malvacée	3,30 b	+++
Pastèque <i>Citrullus vulgaris</i>	Curcubitacée	2,88 bc	++
Roselle <i>Hibiscus sabdariffa</i>	Malvacée	2,66 bc	++
<i>Urena</i> sp.	Malvacée	2,20 bc	+
<i>Sida</i> sp.	Malvacée	1,44 de	+
Arachide <i>Arachis hypogea</i>	Fabacée	0,64 e	+

* température : 25 ± 1 °C

** les nombres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de P = 0,05

+ léger ; ++ moyen ; +++ fort.

Egypte, une fécondité deux fois plus élevée chez les aptères (34,5 contre 17,4 larves), confirmant ainsi les résultats obtenus par SANBORN (1912). Ce sont donc les facteurs agissant sur le poids qui auront la plus grande incidence sur les possibilités de multiplication des pucerons.

La fécondité d'une femelle n'est ni régulière ni constante au cours de sa vie : elle est maximale les 3^e et 4^e jours suivant la mue imaginale (VAISSAYRE, 1970), soit le 10^e jour après la naissance (LIU et PERNG, 1987). La période de ponte s'étale sur 7 jours selon NASSAR *et al.* (1962), 15 jours pour ISELY (1946) et KHALIFA et SHARAF EL-DIN (1954), 19 jours pour SHIM *et al.* (1979), tandis que PEARSON (1958) a enregistré des dépôts de larves durant 26 jours dans ses conditions d'observation. La fécondité journalière notée par les divers auteurs varie également de 2 à 9 (photographie IIe) (EASTOP, 1977b ; KOMAZAKI, 1982) en laboratoire et peut atteindre 25 aux champs (DELATTRE, 1973).

La fécondité est également très dépendante de la température qui est souvent considérée comme le facteur ayant le plus d'influence sur la biologie des pucerons, comme l'ont montré de nombreux auteurs sur diverses espèces (BARLOW, 1962 ; WEISMANN *et al.*, 1971 ; MOURSI *et al.*, 1984 ; TSITSIPIS et MITTLER, 1976 ; GANGE et PRYSE, 1990). Elle peut déterminer, par exemple chez *A. gossypii*, le type de cycle et le mode de reproduction. Ainsi, INAIZUMI (1980) a observé que le mode d'hivernation est fonction de la température qui règne au mois de novembre : holocyclie pour toute la population si les températures s'abaissent en dessous de 7° C, holocyclie et paracycle anholocyclique entre 7 et 13° C, et anholocyclie complète à partir de 14° C.

Selon les conditions d'observation ou d'expérimentation dans lesquelles les auteurs ont travaillé, vraisemblablement aussi en fonction des biotypes utilisés, l'optimum de fécondité chez *A. gossypii* (tableau 7) est enregistré aux températures suivantes : 17-24° C (QI-MING *et al.*, 1986), 19-20° C (ISELY, 1946 ; PEARSON, 1958 ; KOMAZAKI, 1982), 18-21° C (GHOVANLOU, 1976), 19-23° C (EGUCHI, 1937), 25° C (AKEY et BUTLER, 1989) et 25-27° C (VAISSAYRE, 1970).

Entre des limites définies qui peuvent varier selon les espèces, l'espérance de vie des pucerons décroît lorsque la température s'élève (BROADBENT et HOLLINGS, 1951 ; BARLOW, 1962 ; DELMAS, 1967 ; DE REGGI, 1972) ; chez *A. gossypii*, la longévité est par exemple de 29 jours à 30° C et de 70 jours à 16° C (LIU et PERNG, 1987). Les températures extrêmes peuvent ainsi constituer un facteur de mortalité important. Si *A. gossypii* peut survivre selon KOSHAEVA (1965) à des températures de -9° C en Asie centrale, il ne peut survivre plus de quatre heures au Nouveau Brunswick (Canada) s'il est exposé à des températures inférieures à -12° C, alors que quelques individus (1 %) de *M. persicae*, *M. ornatus* Laing ou *Macrosiphum euphorbiae* sont encore retrouvés vivants (ADAMS, 1962). A l'opposé, une température de 30° C au niveau du végétal semble constituer un seuil au-delà duquel les populations commencent à souffrir. Les résultats précédents ont été obtenus en conditions contrôlées, mais il faut toujours avoir à l'esprit que les pucerons vivant sur la plante se trouvent dans des conditions microclimatiques où les températures sont assez différentes de celles qui sont enregistrées dans les postes météorologiques.

Divers autres facteurs abiotiques peuvent contribuer à limiter l'espérance de vie des aphides, telles que l'humidité relative (KHALIFA et SHARAF EL-DIN, 1964 ; NASSAR *et al.*, 1962 ; MOURSI *et al.*, 1984) et surtout les fortes précipitations (VAISSAYRE, 1970 ; DELATTRE, 1973 ; THEUNISSEN, 1989 ; SOGNIGBE et SILVIE, 1990), en particulier sous climat tropical, qui provoquent un lessivage du végétal, puis la noyade des individus. Nous avons pu observer, au Cameroun, des chutes de populations d'*A. gossypii* sur cotonnier allant jusqu'à 40 %, à la suite de précipitations intenses (20 mm en 4 h).

TABLEAU 7

Optimums de développement et de fécondité comparés selon trois sources.

	ISELY (1946)	KOMAZAKI (1982)	AKEY et BUTLER (1989)
Plante hôte	Coton	<i>Citrus</i>	Coton
Température optimale de développement larvaire (°C)	28,0	29,7	27,0
Vitesse de développement correspondante (en jours)	5,18	6,17	5,00
Température optimale de reproduction (°C)	20,0	19,8	25,0
Fécondité journalière correspondante	2,69	1,01	2,85

Mode de reproduction et sex-ratio

Nous avons vu que les Aphididae appartenaient au groupe des *Aphidina viviovipara* (les générations estivales se reproduisent par viviparité) et qu'*Aphis gossypii* devait être regardé, notamment en Europe et en Afrique, comme une espèce anholocyclique, se maintenant parthénogénétiquement sur ses hôtes durant toute l'année (parthénogenèse thélytoque) ; c'est aussi le cas au Moyen Orient, en Océanie et, généralement, dans le Sud-Est asiatique, bien que quelques mâles ailés et des femelles ovipares aient été trouvés par RAYCHAUDHURI *et al.* (1980) dans les régions montagneuses du nord-est de l'Inde.

Le mode de reproduction que présente *A. gossypii* et qui associe parthénogenèse thélytoque et viviparité confère à cette espèce des taux de multiplication prodigieux (BLACKMAN, 1981). En effet, avec la viviparité, l'insecte « gagne » la durée de développement de l'œuf qui évolue alors complètement dans le corps de la mère, ce qui permet aux larves de commencer à s'alimenter dès leur naissance. En outre, la parthénogenèse assure d'une part un gain d'énergie perdue — quand il y a reproduction sexuée — à rechercher le partenaire pour s'accoupler, et d'autre part les ovocytes, qui ne vont pas être fécondés, peuvent commencer à se diviser dans la femelle avant même que celle-ci ait atteint le stade adulte. Ainsi, avant de naître, une future femelle porte déjà en elle, en cours de développement, les embryons de ses propres filles destinées à donner la génération qui lui succédera (BLACKMAN, 1981). Si on veut utiliser une formule imagée, on peut dire que « *les petites filles ont déjà commencé leur évolution dans la grand-mère !* ». Sous des températures favorables, ces jeunes larves néonates mettront moins d'une semaine pour devenir adultes et seront prêtes, alors, à donner naissance à une nouvelle génération, et ainsi de suite sans interruption pratiquement, du 1^{er} janvier au 31 décembre. Il y a ainsi une sorte de télescopage des générations (KENNEDY et STROYAN, 1959 ; BLACKMAN, 1974 et 1986), emboîtées finalement les unes dans les autres, ce qui assure un temps de renouvellement des générations extrêmement court ; avec la thélytoque déséquilibrant complètement la sex-ratio en faveur des femelles, on comprend mieux le taux de multiplication extraordinaire que chacun a pu constater.

Vitesse de développement

La vitesse de développement qui conditionne le nombre de générations susceptibles de se développer en une année est naturellement variable selon la température (tableau 8). En outre, toutes les espèces et, au sein d'une même espèce, les différents biotypes, ne répondent pas de la même façon aux sollicitations du facteur thermique. Ceci peut expliquer les différences constatées dans les chiffres avancés par divers auteurs (tableau 9). Ainsi, selon NASSAR *et al.* (1962), la durée du développement larvaire d'*A. gossypii* varie de 4,26 à 4,83 jours, selon que l'élevage est conduit à 30 ou à 25° C dans les mêmes conditions d'humidité relative (70-75 %) et de photopériode (L/D = 0/24), alors qu'elle est de 4 jours à 28-30° C ou de 10-12 jours à 15-18° C pour SCHMUTTERER (1969). Pour la majorité des auteurs, la durée optimale de développement (vitesse de développement la plus rapide) se situe entre 25 et 29° C, avec quelques exceptions : MORITSU (1954) la place entre 18 et 23° C.

TABLEAU 8

Durée de développement d'*Aphis gossypii* sur cotonnier, de la larve néonée à l'adulte (d'après AKEY et BUTLER, 1989).

Température (°C)	Nombre de pucerons	Durée (jours)	Ecart-type
10,0	97	24,6	± 0,25
12,5	90	21,1	± 0,19
15,0	70	13,8	± 0,22
17,5	83	10,8	± 0,14
20,0	158	8,1	± 0,09
22,5	34	6,9	± 0,22
25,0	165	5,7	± 0,08
27,5 a	79	5,0	± 0,07
30,0	30	5,4	± 0,09
32,5	92	5,9	± 0,09

a : température optimale

TABLEAU 9

Température optimale de développement d'*Aphis gossypii*.

Références	Température optimale (° C)
LIU et PERNG (1987)	27
AKEY et BUTLER (1989)	27,5
PEARSON (1958)	17 - 28
ISELY (1946)	28
GHOVANLOU (1976)	25 - 28
KOMAZAKI (1982)	29,7

LOCOMOTION : MARCHE ET VOL

Les pucerons, contrairement aux aleurodes et à de nombreuses cochenilles, sont mobiles à tous les stades de développement. Ils peuvent ainsi choisir un site préférentiel sur une plante pour s'y alimenter ou en changer, gagner et envahir des plantes voisines et, par leurs ailés, se disséminer et coloniser d'autres plantes hôtes situées en dehors de la parcelle (MOERICKE, 1953 ; KENNEDY *et al.*, 1961), voire émigrer à longue distance (TAYLOR, 1965 et 1983). De fortes concentrations en cours de migration ont aussi pu être suivies par radar et leurs effets néfastes sur les cultures parfois anticipés (COCHRANE, 1980).

Les déplacements des pucerons aptères sont d'amplitude relativement faible. THYGESEN (1968) a quantifié les distances parcourues par des aptères d'*A. gossypii* et les a évaluées à 1,8 m maximum. La fréquence et l'amplitude de ces déplacements sont fonction de la réponse des pucerons à divers stimuli ou facteurs environnementaux et biotiques, tels que les stress subis par la plante, le stade phénologique de celle-ci, ou bien encore le stade de développement des pucerons et leur densité de population (MANN *et al.*, 1995). Lorsqu'on a affaire à des plantes à port rampant (melon par exemple) ou lorsque la densité de semis ou de plantation est élevée (luzerne, pomme de terre, betterave), il y a presque toujours contact entre feuilles de plantes voisines. Le passage de plante à plante est alors facilité (HODGSON, 1991 ; DEGUINE, 1995a) et peut favoriser la dissémination de maladies à virus (IRWIN et TRESH, 1990 ; CARTER et HARRINGTON, 1991), par exemple les virus de la pomme de terre (DONCASTER et GREGORY, 1948) ou la Maladie bleue du cotonnier (CAUQUIL et VAISSAYRE, 1971).

En revanche, les déplacements de plus grande portée sont le fait des ailés, dont le comportement et l'activité de vol ont été étudiés par de nombreux auteurs. Ces recherches ont fait l'objet de plusieurs synthèses (JOHNSON, 1969 ; KRING, 1972 ; DIXON, 1987b). Les travaux de laboratoire en chambre de vol ont certes permis d'analyser précisément les facteurs qui déterminent le comportement et l'activité de vol des pucerons (KENNEDY et BOOTH, 1963) mais, dans une population, tous les ailés ne présentent pas le même comportement. Ainsi SHAW (1970) a décrit à ce point de vue trois catégories d'ailés chez *Aphis fabae* Scopoli : les ailés sédentaires, les voleurs et les migrants (figure 13). Les ailés sédentaires ne manifestent aucune tendance à voler et demeurent sur leur plante hôte originelle où ils pondent toute leur descendance ; ils se comportent pratiquement comme des aptères. Les ailés voleurs pondent quelques larves, avant de s'envoler pour de courtes périodes de temps, au cours desquelles ils explorent les plantes avoisinantes. Enfin, les ailés migrants ne restent pas sur leur plante hôte, n'y pondent aucune larve, mais manifestent une forte tendance à s'envoler, ne commençant à pondre qu'après un vol plus ou moins long. On peut ainsi distinguer plusieurs catégories de vols. Les vols locaux, à courte distance, sont assurés par les ailés voleurs lorsque les conditions sont propices, par exemple si l'air est calme. Ils s'effectuent dans la couche d'air d'une certaine hauteur où la vitesse de l'air est inférieure à la vitesse de vol des pucerons (« couche limite de vol »). Ces pucerons arrivent donc à contrôler leur vol en direction et en hauteur, alors que, pour des agitations plus fortes de l'air, ils sont emportés par les couches laminaires de vent et ils dérivent. Pour leur part, les ailés migrants peuvent voler sur plusieurs dizaines, voire sur plusieurs centaines de kilomètres, emportés par des courants aériens à grande vitesse circulant dans les basses couches de l'atmosphère. Ces vols à longue distance sont connus depuis longtemps chez les pucerons (ELTON, 1925 ; JOHNSON, 1957 ; HODGSON et COOK, 1960 ; MEDLER et SMITH, 1960 ; DICKSON et LAIRD, 1967).

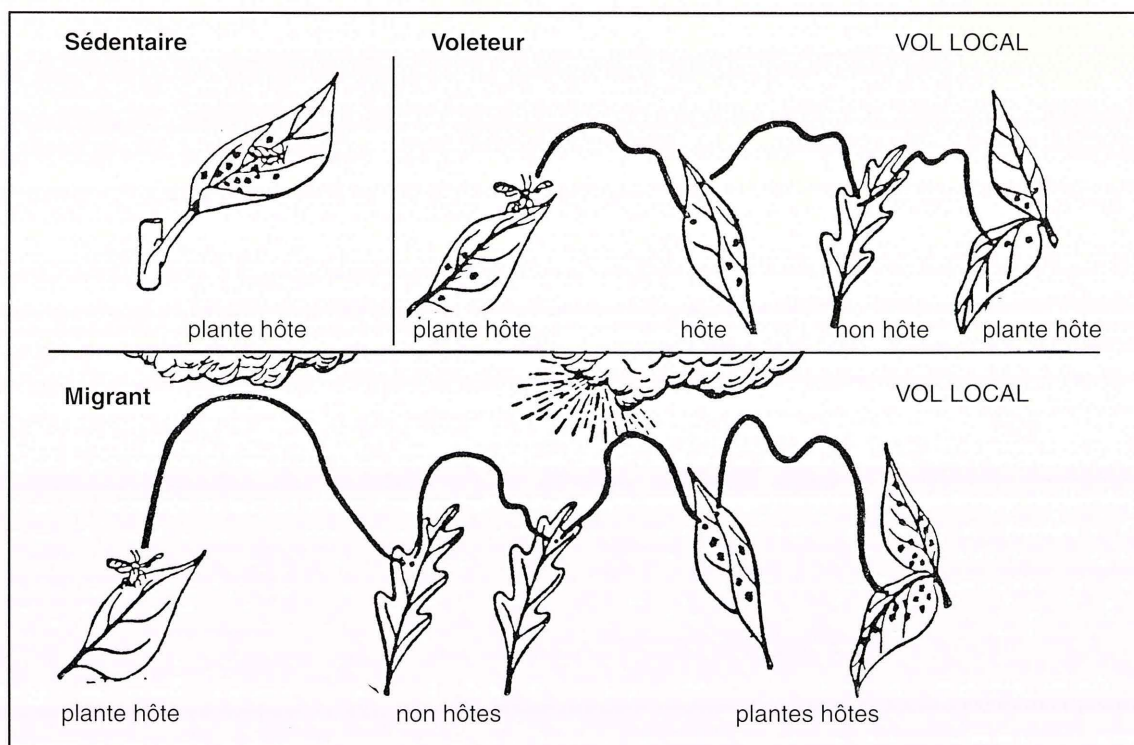


Figure 13

Schémas possibles de comportement en vol des pucerons, selon leur catégorie, le type de plante et les conditions climatiques (ROBERT, 1988a).

Les techniques de piégeage, notamment le piégeage par aspiration (TAYLOR, 1951 ; JOHNSON et TAYLOR, 1955) ou l'utilisation de pièges colorés à eau (MOERICKE, 1951) ont permis d'obtenir par ailleurs des informations sur leurs déplacements et les différentes phases du vol : depuis l'envol, succédant à la mue imaginale, jusqu'à l'installation du puceron sur sa plante hôte, sur laquelle il s'alimentera et pondra ses larves.

Cette séquence de vol comprend quatre phases (MOERICKE, 1955) (figure 14). A une phase de repos de durée variable (NOZATO, 1987b) qui permet à l'insecte venant de muer d'étaler ses ailes, de durcir ses téguments et de développer sa musculature alaire, succède une phase de vol. L'envol est possible dès que l'insecte est prêt sur le plan physiologique et nerveux à répondre aux sollicitations des facteurs thermiques et lumineux qui s'exercent entre un seuil maximal et un seuil minimal. Un vent faible, dont la vitesse n'excède pas celle du puceron (2,5 km/h), n'empêche pas l'envol qui, dans le cas contraire, peut être seulement différé. Les basses couches de l'atmosphère sont atteintes à la vitesse de 20 cm/s, vitesse que le puceron peut soutenir pendant plus d'une heure. Attiré lors de cette phase par les courtes longueurs d'onde, il peut être aidé dans son ascension par les courants des cellules de convection, puis entraîné par les turbulences d'altitude à de longues distances. Toutefois, si le puceron cesse de battre des ailes, il retombe (TAYLOR, 1965), comme cela a été démontré en chambre de vol, mais plus ou moins vite selon que les ailes sont déployées ou non (THOMAS *et al.*, 1977). Cela signifie bien que le déplacement à longue distance n'est pas passif (TAYLOR, 1986). Alors que le puceron était au début du vol plus réceptif aux courtes longueurs d'onde, plus la durée de vol augmente, plus le puceron devient sensible aux longueurs d'onde élevées (jaune) et a tendance à atterrir, non par « fatigue » mais parce qu'il y est incité nerveusement. Le contraste entre le végétal et le sol nu est essentiel dans la recherche du site d'atterrissage (KENNEDY *et al.*, 1961). Ce vol d'attaque permet au puceron de rechercher « sa » plante hôte, qu'il ne découvrira et ne reconnaîtra qu'après des essais et des erreurs, en effectuant des piqûres d'essai sur les diverses plantes qu'il visitera, au hasard, successivement (MOERICKE, 1953). L'ayant trouvée (phase d'installation), il commencera alors à s'alimenter dans le phloème et y déposera sa progéniture. Cette plante pourra être abandonnée par la suite selon sa valeur nutritionnelle, jusqu'à l'autolyse des muscles alaires qui rendra alors l'insecte sédentaire.

Ce schéma, général, peut ne pas s'appliquer dans sa totalité à toutes les espèces, mais devrait permettre de mieux comprendre les modalités de colonisation d'une parcelle et la distribution des pucerons à l'intérieur de celle-ci. Par exemple, SINGH *et al.* (1990) expliquent que les populations d'aptères

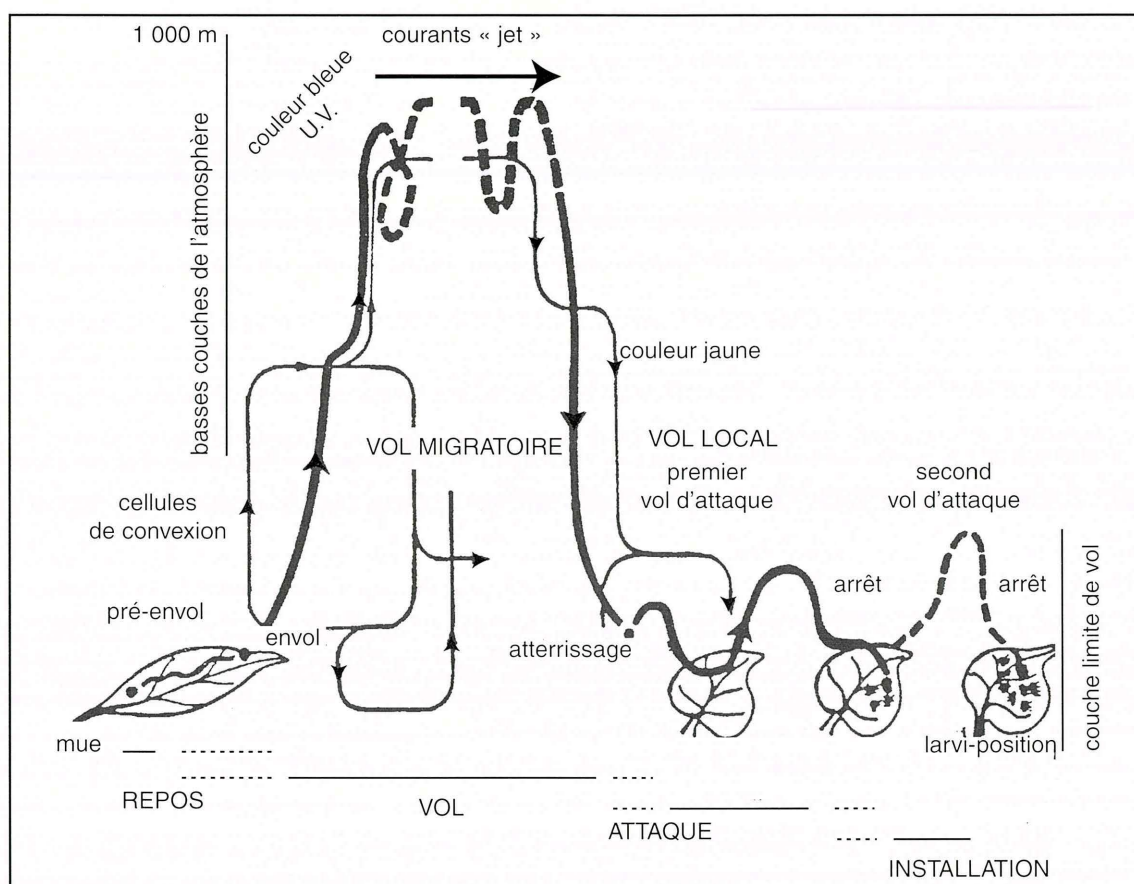


Figure 14

Les quatre phases d'une séquence de vol chez les pucerons (ROBERT, 1988a, d'après MOERICKE, 1955).

d'*A. gossypii* en fin de saison sur cotonnier sont agrégatives, à cause de l'hétérogénéité des faibles populations de début de saison ; ces observations sont confirmées par RAI *et al.* (1991) sur *Capsicum annum* L., en Inde. DEGUINE (1995a) observe par ailleurs, au Tchad, des agrégats de populations sur les lignes d'une parcelle de cotonnier et met en évidence une dépendance intra-ligne et une indépendance inter-lignes des infestations (figure 15). WILLCOCKS et BAHGAT (1937) en Egypte et CAUQUIL et VAISSAYRE (1971) en République centrafricaine notent des infestations plus importantes à la périphérie des champs de cotonnier, ce que de nombreux auteurs ont mentionné sur diverses cultures, telles que les haricots colonisés par *A. fabae* (JOHNSON, 1950b ; MÜLLER, 1959) ou la pomme de terre (ROBERT, 1976). Ces « effets de bordure » correspondent à une accumulation de pucerons sur le bord d'attaque des parcelles situées en paysage ouvert. Ils sont essentiellement dus à l'action du vent qui affecte les déplacements des aîlés et détermine, pour une grande part, leur distribution dans les parcelles. Ces contaminations de bordure sont le fait généralement de pucerons provenant du voisinage et volant à faible hauteur ; la bordure du champ entraîne une rugosité du paysage et favorise l'atterrissage des pucerons sur les premières plantes rencontrées.

A côté d'une périodicité saisonnière liée au type de cycle biologique (ROBERT, 1987a, 1987b et 1988a), des variations diurnes de l'activité de vol des pucerons ont également été mises en évidence par EASTOP, sur une vingtaine d'espèces en Grande-Bretagne (1951) et en Afrique de l'Est (1957), ainsi que par DELATTRE (1973) en Afrique tropicale et NOZATO (1990) au laboratoire au Japon, tous deux chez *A. gossypii*.

Concernant les déplacements d'aptères, nous avons vu que la position des pucerons sur la plante pouvait subir des variations selon le stade phénologique, en relation plus ou moins directe avec la richesse des feuilles en certains éléments nutritifs, ou selon les conditions microclimatiques qui règnent à leur niveau. Ainsi KHALIFA et SHARAF EL-DIN (1964), DENECHÈRE (1981), CAUQUIL *et al.* (1982), MATTHEWS (1989) en Afrique et ULLAH (1978) en Roumanie les observent plutôt dans la partie basale de la plante (figure 12), tandis que SCHMUTTERER (1969) et ROY et BEHURA (1983),

en Inde, notent des populations faibles sur les feuilles âgées basales. En fait, il semble que les plus ou moins fortes infestations sur un secteur ou un niveau particulier de la plante résultent, à la fois, des variations de densité des populations d'aptères et de leur taux de multiplication.

Selon DEGUINE (1995a), les populations sont concentrées préférentiellement au sommet et à la périphérie de la plante lorsque l'infestation est élevée, alors qu'elles sont situées à la base et dans la partie centrale du cotonnier, près de l'axe, lorsque les populations sont faibles. Notons que, compte tenu du type de développement du cotonnier (sympodial), tous les organes situés à la périphérie, que ce soit près de la base ou vers le sommet, sont sensiblement du même âge. Pour KHALIFA et SHARAF EL-DIN (1964), les populations sont plus importantes sur les feuilles âgées car elles ont été colonisées les premières, ce qui a permis une augmentation progressive des effectifs au cours des générations successives qui s'y sont développées.



Figure 15

Cartographie de l'infestation d'une parcelle de cotonniers à Bitanda, au Tchad, le 4 novembre 1986 (DEGUINE, 1995).

Chacun des 13 886 poquets de la parcelle (71 m sur 71 m, soit un demi-hectare) est représenté par un symbole de surface proportionnelle au nombre de feuilles infestées parmi les cinq terminales.

Sur une ligne, l'absence de point signifie que le plant n'est pas infesté.

INFLUENCE DES PRATIQUES CULTURALES

Les pratiques culturales influencent le développement des populations de pucerons et leurs fluctuations (GOZÉ, 1990).

Ainsi EL-FATTAH (1975) note, en Egypte, qu'un semis précoce et une faible densité de plantation favorisent les infestations par *A. gossypii*, ce qui est confirmé en culture cotonnière aux Etats-Unis (SLOSSER *et al.*, 1992 ; SLOSSER, 1993). Pour d'autres cultures, le semis précoce peut se révéler intéressant : c'est le cas des cultures d'arachide vis-à-vis d'*Aphis craccivora* Koch.

S'il est dangereux, le plus souvent, de généraliser à d'autres espèces de pucerons se développant dans un type de culture des observations effectuées sur une espèce donnée, en revanche, on peut généraliser le fait que les plantes relativement isolées — densité de semis ou de plantation faible — sont plus attractives et seront donc plus infestées par les pucerons ailés lors du vol de contamination. Cela est dû, comme nous l'avons vu plus haut, à l'effet de contraste par rapport au sol ou à l'effet de silhouette, le puceron réagissant positivement à la discontinuité existant entre une plante et sa voisine ; cela est particulièrement important dans le choix du site d'atterrissage (DONCASTER et GREGORY, 1948 ; A'BROOK, 1968 et 1973b ; ÅHMAN *et al.*, 1985). L'enherbement a les conséquences inverses. C'est ce que constatent VAISSAYRE (1970) en République centrafricaine et DEGUINE (1995a) au Cameroun : les niveaux de population de pucerons sont moins élevés, en début de campagne, dans les parcelles enherbées que dans les parcelles désherbées ; le même résultat étant obtenu par la mise en place d'un mulch entre les rangées de cotonniers. Ces observations sont à relier à celles de VIERA *et al.* (1983) qui notent des infestations d'*A. gossypii* quatorze fois moins fortes sur cotonniers cultivés en association avec du maïs ou du niébé.

ENNEMIS NATURELS ET AUTRES ORGANISMES ASSOCIÉS

Les relations qui s'exercent dans les biocénoses autour d'*Aphis gossypii* sont de différents types. Ce sont, essentiellement, comme dans toute biocénose, des relations de commensalisme ou de symbiose, de compétition, mais surtout de parasitisme et de prédation.

MYRMÉCOPHILIE

L'association à bénéfices réciproques entre fourmis et pucerons a fait l'objet de très nombreuses publications qui ont été revues par WAY (1963) et, plus récemment, par BUCKLEY (1987) et SUDD (1987). BIGGER (1993) a par ailleurs particulièrement étudié cette association dans le cas des cochenilles sur cacaoyer, dans un écosystème tropical.

Les fourmis sont attirées par les miellats riches en oligosaccharides, dont le mélézitose, qu'elles utilisent pour leur nourriture (WAY, 1963 ; KISS, 1981 ; KLINGAUF, 1987b). En contre-partie, elles apportent une protection aux pucerons contre leurs ennemis (ELZIADY et KENNEDY, 1956 ; BANKS, 1958 ; ROTSCCHILD, 1963 ; STAR, 1970 ; TAKADA et HASHIMOTO, 1983 ; VERGHEZE et TANDON, 1987 ; STARÝ, 1988) ; mais cette protection n'est pas toujours aussi nette ni générale (STARÝ, 1987 ; STARÝ *et al.*, 1988 ; VÖLKL, 1992), bien au contraire (FRAZER et VAN DEN BOSCH, 1973 ; VINSON et SCARBOROUGH, 1991). Les fourmis débarrassent en outre les pucerons du miellat qu'ils produisent — certaines espèces sont en effet des myrmécophiles obligatoires — et nettoient leur environnement, leur évitant ainsi de s'engluer dans leurs propres excréments (NIXON, 1951). Parfois, cette association est très stricte, une espèce de puceron étant visitée par une seule espèce de fourmi : il en est ainsi pour le Fordinae *Paracletus cimiciformis* van Heyden, espèce formicobionte (ZWÖLFER, 1958), associée à la fourmi *Tetramorium caespitum* (L.). En revanche, l'association est le plus souvent occasionnelle et facultative (BANKS, 1958) chez les formicoxènes (ZWÖLFER, 1958), ou régulière chez les espèces formicophiles, sans qu'il y ait de relation de dépendance évidente et bien affirmée. *A. fabae*, *A. craccivora* et *A. gossypii* appartiennent à la seconde catégorie. Selon EL-ZIADY et KENNEDY (1956) et JOHNSON (1959), la présence de fourmis dans les colonies d'*A. fabae* et d'*A. craccivora* retarderait l'apparition des formes ailées, même au sein de colonies très peuplées, et favoriserait l'aptérisme (MITTLER, 1988), cela en raison de la sécrétion d'un mimétique d'hormone juvénile par les glandes mandibulaires de la fourmi *Formica fusca* (Wheeler). Les fourmis peuvent jouer un rôle important dans le transport des pucerons aptères de plante à plante (WHEELER, 1910 ; EIDMANN, 1927 ; NIXON, 1951 ; ZWÖLFER, 1958 ; YANO *et al.*, 1983) ou vers leurs nids (ZWÖLFER, 1958 ; YANO *et al.*, 1983). Rappelons le rôle joué par les fourmis dans la dissémination des cochenilles vectrices de virus (BIGGER, 1993). Concernant plus spécialement *A. gossypii*, DELATTRE (1973) signale le transport d'individus aptères sur les cotonniers, assurant ainsi la colonisation de nouveaux plants. SCHMUTTERER (1969) a observé, en Afrique du Sud, que les jeunes plants de cotonniers les plus infestés sont souvent situés à proximité immédiate des nids de *Myrmica natalensis* F. Smith. Un mode d'hivernation particulier d'*A. gossypii* a été par ailleurs décrit par RADEV (1965 et 1968) en Bulgarie : les pucerons aptères, incapables de survivre aux rigueurs de l'hiver, sont transportés dans leurs nids par les fourmis, *Formica nigricans* Emery et *F. cinerea* Mayr, où ils vivent en compagnie du Fordinae *Smynturodes betae* Westwood ; au printemps, les pucerons abandonnent leur site d'hivernage et gagnent en marchant les plantes hôtes érigées récemment apparues.

A côté de ces effets bénéfiques pour l'un ou l'autre des partenaires et relevant du mutualisme ou, parfois, seulement du commensalisme, les fourmis peuvent exercer une action prédatrice sur les

pucerons, ce qui contribue à leurs besoins protéiniques (PONTIN, 1958 et 1978 ; NIELSEN *et al.*, 1976). Cette action prédatrice est différemment estimée par les auteurs, certains (WAY, 1963) considérant qu'il y a prédation lorsque la production de miellat est excessive et dépasse leurs possibilités de résorption, d'autres (SUDD, 1967) avançant que les pucerons impropres et inutiles sont d'abord éliminés.

COMPÉTITION

De nombreux cas de compétition entre pucerons et divers organismes ont été signalés dans la littérature, en particulier pour une niche écologique ou pour l'alimentation.

Ainsi, sur céréales, le puceron *Rhopalosiphum padi* (L.) élimine peu à peu toutes les autres espèces, *Schizaphis graminum* (Rondani), *Sitobion avenae* (F.) et *Metopolophium dirhodum*, lorsque les quatre espèces sont élevées en mélange sur de jeunes plantules, en nombre limité et en milieu fermé. En revanche, sur des plantes plus âgées et en excès, chaque espèce augmente ses effectifs dans sa propre niche et, si la densité de population se rapproche de la saturation, il y a colonisation de feuilles, puis de plantes voisines par les aptères pour maintenir l'équilibre entre les différentes espèces (ITO, 1952, 1954 et 1960). Sur *Citrus*, *Aphis gossypii* domine généralement *Aphis spiraecola* Patch (HERMOSO DE MENDOZA et MORENO, 1989) et, sur aubergine, il prend l'avantage sur *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera) (KAWAI, 1985). A l'inverse, sur cotonnier, une forte infestation par les formes fixées de l'aleurode *Bemisia tabaci* (Gennadius) peut empêcher le développement des colonies d'*A. gossypii*, ces deux espèces occupant la même niche écologique. Enfin, TAMAKI et ALLEN (1969) ont signalé des phénomènes de compétition entre *A. gossypii* et *Macrosiphoniella sanborni* (Gillette) sur chrysanthème, conduisant à la production d'insectes de plus petite taille et de moindre fécondité par suite d'une limitation des ressources ; cette interprétation est confirmée sur cotonnier par SLOSSER *et al.* (1989).

A. gossypii peut également entrer en compétition avec les chenilles de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera, Noctuidae) en gênant leur installation sur des feuilles de cotonnier fortement infestées mais, inversement, les feuilles envahies et enroulées par *Syllepte derogata* (F.) (Lepidoptera, Crambidae) gênent les pucerons en réduisant la surface foliaire (RAKOTOFIRINGA, 1989).

Enfin, signalons la préférence marquée, pour *A. gossypii*, chez les prédateurs habituels des jeunes chenilles d'*Heliothis zea* (Boddie) (Lepidoptera, Noctuidae) évoluant à proximité des colonies de pucerons et de leurs miellats (ISELY, 1946 ; ABLES *et al.*, 1978).

Ces cas de compétition sont plutôt anecdotiques et influent peu sur la régulation des populations.

PARASITISME ET PRÉDATION

Les pucerons constituent une nourriture pour divers organismes qui les attaquent, notamment des insectes, et ils sont également sujets à des infections par des champignons qui causent des maladies. Les uns et les autres contribuent, avec les facteurs climatiques défavorables, à limiter naturellement les populations. Leur rôle dans les milieux naturels est prépondérant.

Nous distinguerons trois catégories d'ennemis naturels :

- les prédateurs, qui sont des organismes vivants, libres à l'état adulte et larvaire, attaquant d'autres êtres vivants pour les tuer et se nourrir de leur substance. Ils dévorent successivement plusieurs proies au cours de leur vie. Ils appartiennent à des groupes taxonomiques divers. Leur spécificité, pour certains d'entre eux, est très large ;
- les parasitoïdes ; ce terme a été introduit par REUTER (1913) pour désigner des insectes dont les larves se développent aux dépens d'un autre arthropode et entraînent sa mort. On parle, dans ce cas, de parasitisme protélien et les parasitoïdes sont dits monoxènes, car un seul hôte apparaît dans le cycle de développement. Seuls les adultes sont libres et ils ont un régime alimentaire totalement différent de celui des larves. Ce sont en fait des parasites dont l'hôte est invariablement tué à l'issue de leur développement larvaire, contrairement aux parasites *sensu stricto* ;
- les pathogènes, qui sont essentiellement des champignons phycomycètes appartenant au groupe des entomophthorales, et susceptibles de déclencher des épizooties spectaculaires.

De très nombreux travaux ont été consacrés aux ennemis naturels des pucerons, agents potentiels de lutte biologique, qu'il convient de ménager et de conserver dans le cadre de l'application du concept de

lutte intégrée. Ces travaux concernent tous les aspects : morphologie, taxinomie, biologie, physiologie, gamme d'hôtes et spécificité, évolution, impact dans les biocénoses, utilisation pratique en lutte biologique, etc. Pratiquement toutes les espèces d'intérêt agronomique et de nombreuses espèces d'intérêt forestier ont fait l'objet de recherches ; nous mentionnerons plus loin les monographies et les synthèses essentielles dont les principaux groupes ont fait l'objet.

Les prédateurs

A côté de prédateurs polyphages appartenant à différents taxons (oiseaux, mollusques, arachnides, chilopodes et insectes divers) (FRAZER, 1988a ; SUNDERLAND, 1988), les pucerons font l'objet d'une prédation par des groupes plus spécialisés, tels que les coléoptères Coccinellidae (FRAZER, 1988b) (planche III), les diptères Syrphidae (CHAMBERS, 1988) (photographies IVa, IVb et IVc) et Cecidomyiidae (NIJVELDT, 1988) ainsi que par les neuroptères Chrysopidae et Hemerobiidae (NEW, 1988) (photographies Va et Vb), et enfin par les hémiptères Anthocoridae (HODGSON et AVELING, 1988).

Plusieurs auteurs (EVANS et DIXON, 1986 ; CHAMBERS et AIKMAN, 1988 ; STEWART et DIXON, 1988) se sont attachés à établir des modèles pour rendre compte de la dynamique et de l'impact des populations de prédateurs, plus difficiles à évaluer que ceux des pathogènes ou des parasitoïdes. En effet, dans le cas des prédateurs, il ne reste presque rien des victimes, de sorte que l'on ne dispose pratiquement d'aucun indice pour mesurer la mortalité, ce qui conduit à utiliser divers subterfuges (VAN EMDEN, 1963 ; HAGEN et SLUSS, 1966 ; SUNBY, 1966).

Outre les facteurs climatiques (IPERTI *et al.*, 1989) et environnementaux (ROBERT, 1976), les principaux facteurs qui conditionnent l'efficacité des prédateurs au champ sont de trois ordres (VAN EMDEN, 1966b) :

- la voracité des aphidiphages, elle-même fonction de leur appétit, de leur taux de multiplication, de leur abondance, de leur activité et de leur comportement dans la recherche des proies ;
- le synchronisme entre l'apparition du prédateur dans la population aphidienne et le degré d'évolution des pucerons, une arrivée précoce de l'aphidiphage avant que les pucerons ne se soient reproduits favorisant son efficacité ;
- le taux de reproduction net du puceron ; plus le puceron se reproduit rapidement, plus le prédateur doit faire preuve de voracité.

Ainsi, l'efficacité maximale d'un prédateur est le résultat de l'équilibre instable qui s'établit entre le potentiel de l'aphidiphage en terme de voracité et le potentiel de la proie, c'est-à-dire son taux d'accroissement net. Ces deux éléments étant connus, l'impact du prédateur sur la population aphidienne dépendra du synchronisme entre l'aphidiphage et la population aphidienne. Sur ces bases, VAN EMDEN (1966b) a proposé un modèle simple permettant de prévoir l'évolution d'une population selon les variations des différents facteurs dans des conditions environnementales données.

Les prédateurs signalés dans la littérature sont relativement nombreux (tableau 10). Ils se recrutent essentiellement parmi les Coccinellidae (ZHAO, 1986 ; AGARWALA et GHOSH, 1988), suivis par les Syrphidae et les Chrysopidae (tableau 11) et présentent des caractéristiques biologiques et écologiques particulières ; c'est le cas, par exemple, des régimes alimentaires de ces insectes qui diffèrent selon les stades considérés. Ainsi, adultes et larves sont prédateurs de pucerons chez les Coccinellidae et les Chrysopidae ; ces derniers consomment également d'autres petits arthropodes à corps mou, et le pollen est aussi apprécié des adultes. Les syrphides, enfin, sont floricoles à l'état adulte et seules les larves sont aphidiphages.

L'importance relative des trois principales familles prédatrices d'*A. gossypii*, en Afrique centrale, est indiquée dans le tableau 11.

Les adultes de ces prédateurs sont généralement guidés dans la recherche de leurs proies par des stimuli chimiques, émis notamment par les miellats (EVANS et DIXON, 1986 ; VAN DEN MEIRACKER *et al.*, 1990), et des stimuli visuels ayant pour origine les feuilles crispées par les pucerons.

La durée d'un cycle de coccinelle n'excède jamais un mois, le développement larvaire s'échelonnant sur trois semaines, au cours duquel une larve âgée ou un adulte de *Cheilomenes* sp. ou d'*Hippodamia* sp. peut manger journellement en moyenne de 30 à 60 pucerons des 3^e et 4^e stades ;

TABLEAU 10

Arthropodes prédateurs d'*A.gossypii* dans le monde.

Classe, ordre, famille, genre, espèce	Pays ou région	Référence bibliographique
INSECTA		
COLEOPTERA		
Coccinellidae		
<i>Alesia</i> sp.	-	DELATTRE, 1973
<i>Brumoides suturalis</i> (F.)	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>Chilocorus angolensis</i> Crotch	Afr	PEARSON, 1958
<i>C. wahlberbi</i> Mulsant	Afr	PEARSON, 1958
<i>Cheilomenes geisha</i> (Gorh.)	Afr	PEARSON, 1958
<i>C. lunata sulphurea</i> (F.)	Afr	SCHMUTTERER, 1969
<i>C. propinqua</i> (Mulsant)	Afr	PEARSON, 1958
<i>C. propinqua</i> var. <i>quadri-lineata</i> Mulsant	Afr	PEARSON, 1958
<i>Cheilomenes</i> sp.	-	DELATTRE, 1973
<i>C. sulphurea</i> (Olivier)	Cam	GALVA, 1993
<i>C. sulphurea orbicularis</i> Casey	RCI	DUVIARD et MERCADIER, 1973
<i>C. vicina</i> (Mulsant)	Afr	PEARSON, 1958
<i>Coccinella repanda</i>	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>C. octopunctata</i>	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>C. septempunctata</i> (L.)	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>C. transversalis</i> F.	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>C. undecimpunctata</i> L.	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>Coelophora chinensis</i>	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>C. montroussieri</i> (Mulsant)	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>Coelophora</i> sp.	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>Coleomegilla maculata</i> (De Geer)	Par	MICHEL, 1993
<i>Cycloneda conjugata</i>	Par	MICHEL, 1993
<i>C. sanguinea</i> (L.)	Par	MICHEL, 1992
<i>Diomus</i> sp.	Par	MICHEL, 1992
<i>Diomus</i> sp. <i>af. tantillus</i> Mulsant	Par	MICHEL, 1993
<i>Epilachna chrysomelina</i> (F.)	Afr	PEARSON, 1958
<i>E. bosci</i> (Weise)	Afr	PEARSON, 1958
<i>Eriopis connexa</i> (Germar)	Par	MICHEL, 1992
<i>Exochomus (Xanthocorus) flavipes</i> (Thunberg)	Afr	PEARSON, 1958
<i>E. flavipes</i> ssp. <i>guineensis</i> Fürsch	Cam	GALVA, 1993
<i>E. foudrasi</i> Mulsant	Tog	SILVIE <i>et al.</i> , 1991
<i>E. melanocephalus</i> Zoubkoff	Afr	PEARSON, 1958
<i>Exochomus</i> sp.	Tog	SILVIE <i>et al.</i> , 1991
<i>Hippodamia convergens</i> Guérin	Par	MICHEL, 1992
<i>H. maindroni</i> Sicard	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>H. variegata</i> (Goeze)	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>H. variegata tridecimsignata</i> (Mulsant)	Cam	EKUKOLE, 1993b
<i>Hyperaspis festiva</i> Mulsant	Par	MICHEL, 1992
<i>H. notata</i> Mulsant	Par	MICHEL, 1993
<i>H. pumila</i> Mulsant	Afr	PEARSON, 1958
<i>Hyperaspis</i> sp.	Tog	SILVIE <i>et al.</i> , 1991
<i>H. senegalensis</i> (Mulsant)	Afr	PEARSON, 1958
<i>Leis axyridis</i> (Pallas, 1773)	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>Menochilus sexmaculatus</i> (F.)	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>Micraspis discolor</i> (F.)	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>M. rufescens</i> (Mulsant)	Tch	SILVIE <i>et al.</i> , 1989
<i>M. striata</i> (F.)	Afr	NONVEILLER, 1984
<i>Oenopia kirbyi</i> (Mulsant)	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>O. sauzeti</i> (Mulsant)	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>Olla v-nigrum</i> (Mulsant)	Par	MICHEL, 1992
<i>Pania luteopustulata</i> (Mulsant)	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>Platynaspis capicola</i> Crotch	Afr	PEARSON, 1958

<i>P. maculosus</i>	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>P. kollari</i> Mulsant	Afr	PEARSON, 1958
<i>Platynaspis</i> sp.	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>Propylaea japonica</i> (Thunberg)	Chi	ZOU et WANG, 1989
<i>Pseudoaspidimerus circumflexus</i> (Motschulsky)	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>P. japonensis</i>	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>Pullus magnocapsularis</i> Fürsch	Cam	EKUKOLE, 1993b
<i>Scymnus castaneus</i> Sicard	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>S. floralis</i> (F.)	Cam	EKUKOLE, 1993b
<i>S. frontalis quadripustulatus</i>	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>S. gilae</i> Casey	Par	MICHEL, 1992
<i>S. guimeti</i> Mulsant	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>S. hoffmanni</i>	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>S. interruptus</i> (Goeze)	Egy	HABIB <i>et al.</i> , 1976
<i>S. loewii</i> Mulsant	Par	MICHEL, 1992
<i>S. ornatus</i> (Sicard)	Afr	PEARSON, 1958
<i>S. pyrocheilus</i> Mulsant	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>S. quadrillum</i> Motschulsky	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>S. scapuliferus</i> Mulsant	Afr	PEARSON, 1958
<i>S. senegalensis</i> Mader	Cam	EKUKOLE, 1993b
<i>S. soudanensis</i> (Sicard)	Afr	PEARSON, 1958
<i>Scymnus</i> sp.	Afr	PEARSON, 1958
<i>S. trepidulus</i> Weise	Afr	PEARSON, 1958
<i>S. xerampelinus</i>	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>Spitocaria bisellata</i> (Sicard)	Ind	AGARWALA et GHOSH, 1988
<i>Thea variegata</i> (F.)	RCA	VAISSAYRE, 1970
<i>Xanthadalia rufescens</i> (Mulsant)	Cam	EKUKOLE, 1993b
Malachiidae		
<i>Collops balteatus</i> Leconte	AmC	SUNDERLAND, 1988
<i>C. quadrimaculatus</i> (F.)	USA	SUNDERLAND, 1988
Staphylinidae		
<i>Paederus alferii</i> Koch	Egy	HABIB <i>et al.</i> , 1976
<i>P. sabaesus</i> Erichson	Cam	GALVA, 1993
Tenebrionidae		
<i>Epitragode stomentosus</i> (Leconte)	-	EASTOP, 1958
DERMAPTERA		
<i>Forficula senegalensis</i> Serville	Cam	GALVA, 1993
DIPTERA		
Asilidae		
<i>Endioctria tibialis</i> Banks	-	SUNDERLAND, 1988
Cecidomyiidae		
<i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Rondani)	-	EASTOP, 1958
	-	HARRIS, <i>in</i> NIJVELDT, 1988
Chamaemyiidae		
<i>Leucopis</i> sp.	Afr	PEARSON, 1958
Dolichopodidae		
<i>Condyllostylus graenicheri</i>	RCI	DUVIARD et MERCADIER, 1973
<i>C. similis</i>	Par	MICHEL, 1993
<i>Condyllostylus</i> sp.	Par	MICHEL, 1993
Syrphidae		
<i>Allograpta exotica</i>	Par	MICHEL, 1993
<i>A. pfeifferi</i> Bigot	Afr	PEARSON, 1958
<i>Allograpta</i> sp.	Tog	SILVIE <i>et al.</i> , 1991
<i>Asarkina ericerotum</i> (F.)	Afr	PEARSON, 1958
<i>Betasyrphus adligatus</i> (Wiedemann)	Afr	PEARSON, 1958
<i>Ischiodon aegyptius</i> (Wiedemann)	Afr	PEARSON, 1958

<i>I. scutellaris</i>	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>Paragus borbonicus</i> Macquart	Afr	PEARSON, 1958
<i>P. longiventris</i> Loew	Afr	PEARSON, 1958
<i>P. tibialis</i>	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>Pseudodoros clavatus</i>	Par	MICHEL, 1993
<i>Sphaerophoria</i> sp.	RCA	VAISSAYRE, 1970
<i>Syrphus confractor</i>	Ind	PAWAR, 1990
<i>S. serrarius</i>	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>Toxomerus floralis</i>	Par	MICHEL, 1993
<i>Toxomerus ? watsoni</i>	Par	MICHEL, 1993
HEMIPTERA		
Anthocoridae		
<i>Orius</i> sp.	RCA	VAISSAYRE, 1970
Lygaeidae		
<i>Geocoris amabilis</i>	RCA	VAISSAYRE, 1970
Miridae		
<i>Deraeocoris nebulosus</i> (Uhler)	USA	SNODGRASS, 1991
<i>D. oculatus</i> (Reuter)	Tch	SILVIE <i>et al.</i> , 1989
<i>Deraeocoris</i> sp.	Afr	PEARSON, 1958
Nabidae	-	SUNDERLAND, 1988
Pentatomidae	-	EASTOP, 1958
Reduviidae	-	EASTOP, 1958
HYMENOPTERA		
Formicidae	Tch	SILVIE <i>et al.</i> , 1989
NEUROPTERA		
Chrysopidae		
<i>Crysopa boninensis</i>	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>C. carnea</i> Stephens	Egy	HABIB <i>et al.</i> , 1976
<i>C. rufilabris</i> Burmeister	USA	NEW, 1988
<i>C. septempunctata</i>	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>Chrysopa</i> sp.	Afr	PEARSON, 1958
<i>Mallada boninensis</i> (Okamoto)	Cam	EKUKOLE, 1993b
Hemerobiidae		
<i>Hemerobius</i> sp.	Afr	PEARSON, 1958
<i>Eumicromus timidus</i> (Hagen)	Afr	PEARSON, 1958
<i>Micromus tasmaniae</i> Walker	Aus	NEW, 1988
ORTHOPTERA		
Oecanthidae		
<i>Oecanthus</i> sp.	Cam	GALVA, 1993
ARACHNIDA		
ARANEAE		
<i>Achaeranea veruculuta</i> (Urquhart)	-	SUNDERLAND, 1988
ACARI	Bul	RADEV, 1968

Légende

- : pas de référence géographique ; Afr : Afrique ; AmC : Amérique centrale

Aus : Australie ; Bré : Brésil ; Bul : Bulgarie ; Cam : Cameroun

Chi : Chine ; Egy : Egypte ; Haw : Hawaï ; Ind : Inde ; Par : Paraguay

RCA : République centrafricaine ; RCI : Côte-d'Ivoire ; Tai : Taïwan ; Tch : Tchad ; Tog : Togo ; USA : Etats-Unis

TABLEAU 11

Importance relative (en pourcentage) des familles prédatrices d'*A. gossypii*, au Cameroun et au Tchad, dans des parcelles non traitées (SILVIE, 1995).

Pays	Coccinelles (larves et adultes)	Syrphes (larves)	Chrysopes (larves)
Cameroun (moyenne de 5 années : 1990-1994)	60,9	24,3	14,8
Tchad (moyenne de 3 années : 1990, 1991 et 1993)	59,3	29,0	11,7

mais cette consommation ne dépasse pas 8 à 10 pucerons par jour chez les petites espèces du genre *Scymnus*, dont les larves présentent des expansions cireuses blanches caractéristiques.

Notons que des consommations plus élevées ont été enregistrées, mais on conçoit qu'il en soit ainsi si l'on fournit au prédateur des larves d'aphides des 1^{er} et 2^e stades ! Il faut savoir, en outre, qu'il n'y a pas de spécificité biologique entre puceron et coccinelle, mais chaque espèce prédatrice prospecte une strate préférentielle pour découvrir ses proies. Cela explique que telle espèce, consommant en élevage telle espèce de puceron, n'en sera pas forcément un prédateur efficace au champ, si cette dernière occupe une strate que la coccinelle ne visite pas. Les coccinelles sont enfin des prédateurs difficiles à recenser, dont il n'est pas aisé de quantifier l'activité ni l'efficacité au champ.

Les larves de syrphides sont aussi de redoutables prédateurs mais répondent généralement à des densités plus importantes de proies (HAGEN et VAN DEN BOSCH, 1968). Les femelles présentent une fécondité remarquable, déposant généralement leurs œufs à proximité des colonies de pucerons. Chaque larve peut consommer de 400 à 700 individus au cours de son développement qui dure de 8 à 15 jours.

Le rôle des névroptères, et notamment des chrysopes, est moins important (NEW, 1988) et dépend en particulier des conditions locales. En Israël, *Chrysopa perla* Stephens aurait un rôle important dans la limitation des populations d'*A. gossypii* (BROZA, 1986) ; mais aux Etats-Unis (Texas), ce chrysope interviendrait trop tard et avec insuffisamment d'efficacité pour faire chuter les populations (PARENCIA, 1988). Ce sont des prédateurs polyphages consommant également des œufs de lépidoptères et de jeunes chenilles : selon les espèces de chrysopes, on note une préférence pour les œufs d'*Helicoverpa armigera* (Hübner), (Lepidoptera, Noctuidae) chez *Chrysoperla rufilabris* Burmeister (NORDLUND et MORRISON, 1990), tandis que les jeunes chenilles sont délaissées par *C. carnea* au profit du puceron (ABLES *et al.*, 1978).

L'efficacité de ces divers prédateurs peut se trouver limitée par d'autres ennemis naturels appartenant à des groupes très variés : des parasitoïdes comme des hyménoptères Chalcidiens, Braconidae et Ichéumonidae, ou des diptères Phoridae et Tachinidae, des maladies fongiques ou à protozoaires (grégarines), ou encore des prédateurs comme les hémiptères Reduviidae, les araignées et les oiseaux (SILVIE *et al.*, 1991 ; MICHEL, 1993 ; ROSENHEIM et WILHOIT, 1993).

Les parasites et les parasitoïdes

Il s'agit essentiellement de parasitoïdes. Les parasitoïdes les plus importants des pucerons sont des hyménoptères appartenant à deux familles, les Aphelinidae (Chalcidoidea) (STARÝ, 1988b) et les Braconidae (Ichéumonoidea), représentés exclusivement par la sous-famille des Aphidiinae, souvent élevée au rang de famille (MACKAUER et STARÝ, 1967 ; STARÝ, 1988a) (tableau 12). Ces derniers sont des parasitoïdes spécifiques de pucerons et semblent avoir coévolué avec leurs hôtes (MACKAUER, 1961 et 1967 ; STARÝ, 1970). De même que pour les prédateurs, le miellat joue le rôle de kairomone qui déclenche et entretient le comportement de recherche de l'hôte par le parasitoïde (BOUCHARD et CLOUTIER, 1984 ; GARDNER et DIXON, 1985 ; AYAL, 1987 ; BUDENBERG, 1990 ; HÅGVAR et HOFSGANG, 1991 ; BUDENBERG *et al.*, 1992). Tous ces hyménoptères parasites sont des endoparasitoïdes solitaires : la femelle adulte pond dans le puceron, à l'intérieur duquel s'effectue le développement larvaire. La mort du puceron intervient peu avant la nymphose du parasitoïde et l'imago émerge quelques jours plus tard, en découpant un opercule dans la dépouille (momie) de l'aphide. Les momies d'*A. gossypii* sont noir brillant dans le cas des aphélinides et le puceron conserve son aspect général et sa forme (photographie IVe), tandis qu'elles sont très bombées et de couleur gris beige nacré dans le cas de pucerons parasités par aphidiines (photographie IVd).

TABLEAU 12

Arthropodes parasitoïdes, parasites et hyperparasites d'*A. gossypii* dans le monde.

Ordre, famille, genre, espèce	Pays	Référence bibliographique
INSECTA		
HYMENOPTERA		
Aphelinidae		
<i>Aphelinus albipodus</i> Hayat et Kausar	Cam	GALVA, 1993
<i>A. asychis</i> Walker	RCA	VAISSAYRE, 1970
<i>Leopardina</i> sp. Motshulsky	Cam	DELVARE, comm. pers., 1996
Braconidae		
<i>Aphidius colemani</i> Viereck	Afr	PEARSON, 1958
<i>A. ervi</i> Haliday	-	MACKAUER et STARY, 1967
<i>A. floridaensis</i> Smith	-	MACKAUER et STARY, 1967
<i>A. gifuensis</i> Ashmead	-	MACKAUER et STARY, 1967
<i>A. matricariae</i> Haliday	-	MACKAUER et STARY, 1967
<i>Aphidius</i> sp.	Cam	GALVA, 1993
<i>Binodoxys angelicae</i> Haliday	-	MACKAUER et STARY, 1967
<i>B. communis</i> Gahan	-	MACKAUER et STARY, 1967
<i>B. indicus</i> Subba Rao et Sharma	-	MACKAUER et STARY, 1967
<i>Binodoxys</i> sp.	-	DELATTRE, 1973
<i>Ephedrus palaestinensis</i> Mackauer	-	MACKAUER et STARY, 1967
<i>E. persicae</i> Frogatt	-	MACKAUER et STARY, 1967
<i>E. plagiator</i> Nees	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>Lipolexis gracilis</i> Förster	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>L. scutellaris</i> Mackauer	-	MACKAUER et STARY, 1967
<i>Lysaphidus plantensis</i> Brèthes	-	MACKAUER et STARY, 1967
<i>Lysephedrus validus</i> Haliday	-	MACKAUER et STARY, 1967
<i>Lysiphlebia japonica</i> Ashmead	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>Lysiphlebus fabarum</i> Marshall	Bul	RADEV, 1968
<i>Lysiphlebus</i> sp.	USA+Afr	VAISSAYRE, 1970
<i>L. testaceipes</i> (Cresson)	Haw	HAGEN et VAN DEN BOSCH, 1968
<i>Praon</i> sp.	-	DELATTRE, 1973
<i>P. volucre</i> Haliday	-	MACKAUER et STARY, 1967
<i>Trioxys auctus</i> Haliday	-	MACKAUER et STARY, 1967
<i>T. communis</i>	Tai	TAO et CHIU, 1971
<i>T. indicus</i>	Ind	PAWAR, 1990
<i>Trioxys</i> sp.	Afr	BHATT et SINGH, 1991a
Ceraphronidae	RCA	VAISSAYRE, 1970
Charipidae		
<i>Alloxysta</i> sp.	-	DELVARE, comm. pers., 1996
Encyrtidae		
<i>Syrphophagus africanus</i> (Gahan)	Cam	EKUKOLE, 1993b et 1993c
Pteromalidae		
<i>Pachyneuron aphidis</i> (Bouché)	Cam	GALVA, 1993
Signiphoridae	Cam	DELVARE, comm. pers., 1992
ARACHNIDA		
ACARI		
Thrombidiidae		
<i>Allothrombium pulvinum</i> Ewing	Chi	ZHANG <i>et al.</i> , 1993

Légende

- : pas de référence géographique ; Afr : Afrique ; Bul : Bulgarie ; Cam : Cameroun ; Chi : Chine ; Haw : Hawaï ; Ind : Inde ; RCA : République centrafricaine ; Tai : Taïwan ; USA : Etats-Unis

Les parasitoïdes de pucerons sont distribués irrégulièrement selon les régions climatiques et les continents, selon les types de culture et, finalement, selon l'abondance de leurs hôtes. S'ils sont assez bien répartis dans les zones tempérées, la faune tropicale en revanche est relativement pauvre, en particulier dans les zones soudaniennes et sahéliennes où la longue saison sèche ne semble pas permettre leur survie. Au contraire, dans les zones plus proches de l'équateur, l'excès d'humidité, les températures trop fortes et l'exubérance de la végétation sont défavorables aux pucerons et à leurs parasites. C'est uniquement sur les reliefs que les conditions redeviennent satisfaisantes, mais on y observe alors des taux d'hyperparasitisme importants (STARÝ *et al.*, 1985).

En Afrique subsaharienne, seuls les aphelinides sont présents en nombre suffisamment important pour, selon VAISSAYRE (1970) en République centrafricaine, jouer un rôle efficace dans la limitation des populations d'*A. gossypii*, à certaines périodes. Au cours de la campagne cotonnière telle qu'elle se déroule en Afrique centrale, les premières momies apparaissent vers le 40^e jour après le semis (VAISSAYRE, 1970). A cette date, l'infestation primaire par *A. gossypii* est terminée ; les parasitoïdes exercent donc une action sur des populations aphidiennes résiduelles ou peu prolifiques, compte tenu de conditions nutritionnelles dégradées. Leur efficacité serait, en revanche, beaucoup plus réduite s'ils devaient agir sur des populations dans leur phase de développement exponentielle. Si le caractère pileux de la feuille de cotonnier confère une moindre sensibilité au puceron, les parasitoïdes ne sont pas gênés dans leur activité, contrairement aux prédateurs (VAISSAYRE, 1970). DEGUINE (non publié) a effectué des observations analogues au Cameroun sur l'importance des Aphelinidae ; sur 10 800 momies présentes dans un échantillon de feuilles de cotonnier pris aléatoirement, 56 % des 2 253 parasitoïdes émergés appartenaient à l'espèce *Aphelinus albipodus* Hayat. Cette espèce se retrouve en saison sèche parasitant *Melanaphis sacchari* (Zehntner) sur sorgho de contre saison [*Sorghum durra* (Forsskål) Hubbard, Rehd] et *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe sur *Calotropis procera* (Aiton) W.T. Aiton. Notons que la plante hôte peut également modifier le comportement, la structure et la dynamique des populations de parasitoïdes (LUO et GAN, 1986 ; BHATT et SINGH, 1991a et 1991b) ; par exemple, l'aphidiide *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) est plus souvent observé sur *Cucurbita* sp. que sur *Hibiscus* (SEKHAR, 1957).

Les Aphelinidae et surtout les Aphidiinae sont eux-mêmes l'objet d'attaques par d'autres hyménoptères parasitoïdes. Appelés hyperparasites ou hyperparasitoïdes (SULLIVAN, 1988), ils réduisent leur action régulatrice sur les populations aphidiennes (COLFER et ROSENHEIM, 1995). Ce sont soit des endoparasitoïdes qui pondent dans le parasitoïde en cours d'évolution dans le puceron, comme les Cynipidae du genre *Alloxysta* ou les *Aphidencyrus* (Encyrtidae), soit des ectoparasitoïdes dont la femelle perce la cuticule du puceron pour déposer son œuf à la surface du parasitoïde primaire. Tel est le cas des *Dendrocerus* (Megaspilidae) ou des *Asaphes* et des *Pachyneuron* (Pteromalidae).

Dans les deux cas, l'hyperparasitage peut avoir lieu tant que le parasite primaire est à un stade de développement convenable et peut être accepté par l'hyperparasite, que le puceron hôte soit mort ou réduit à l'état de momie.

Enfin, le rôle très important d'un acarien ectoparasite, *Allothrombium pulvinum* Ewing, a été signalé en Chine sur cotonnier (ZHANG et XIN, 1989), où il se révèle être le principal ennemi d'*A. gossypii* en début de campagne (ZHANG *et al.*, 1993 ; ZHANG et CHEN, 1993 ; CHEN *et al.*, 1994).

Les pathogènes

Chez les insectes, on peut observer le développement, dans certaines conditions, d'épizooties dues à l'action de différents germes (virus, bactéries, champignons et protozoaires) qui limitent singulièrement leurs populations.

Si, récemment (D'ARCY *et al.*, 1981), des cas d'infections à picornavirus et à baculovirus ont été rapportés chez les pucerons, entraînant une réduction de leur longévité, la démonstration n'a jamais été faite de problèmes dus à la présence de bactéries ou de protozoaires, voire de nématodes.

Dans le cas des pucerons, les pathogènes les plus fréquemment rencontrés et généralement les plus efficaces sont en fait des champignons zygomycètes appartenant à l'ordre des entomophthorales. En serre et dans les régions tropicales toutefois, des deutéromycètes ont une action antagoniste non négligeable (GUSTAFSSON, 1971 ; HALL, 1981 ; WILDING, 1981 ; LATGÉ et PAPIEROK, 1988).

Les mycoses à entomophthorales observées sur les pucerons sont dues à différentes espèces appartenant à cinq genres (*Conidiobolus*, *Entomophthora*, *Erynia*, *Neozygites* et *Zoophthora*), qui ont des exigences nutritionnelles et écologiques différentes, et qui varient également selon leur aptitude à être

cultivées sur milieu artificiel (LATGÉ et PAPIEROK, 1988). Certaines espèces présentent en outre une spécificité remarquable (REMAUDIÈRE *et al.*, 1981). Chez les deutéromycètes, *Verticillium lecanii* (Zimmermann) Viégas et *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin ont fait l'objet de nombreuses études en vue de leur utilisation en lutte biologique (HALL, 1982 et 1984 ; FENG et JOHNSON, 1990 ; FENG *et al.*, 1990a et 1990b).

Le processus d'infection d'un puceron par une entomophthorale résulte du contact, avec les téguments de l'insecte, d'une conidie (spore à paroi mince) présente dans l'air (WILDING, 1970) et disséminée par le vent (AYLOR, 1990 ; SAWYER *et al.*, 1994 ; STEINKRAUS *et al.*, 1996), ou véhiculée sur un substrat infecté (sol, débris végétaux, cadavres, etc.). La spore germe ; le tube germinatif émis perce la cuticule, et le mycélium du champignon envahit peu à peu la cavité générale de l'hôte, ce qui entraîne sa mort en quelques jours. Si des conditions de température et d'humidité favorables (80 à 90 %) se maintiennent pendant au moins 8 heures, des conidiophores se forment à la surface du cadavre et produisent des conidies (PIERRE et DEDRYVER, 1984). L'épizootie est alors enclenchée et, à condition que les effectifs soient assez élevés (REMAUDIÈRE *et al.*, 1981 ; WILDING, 1981), de nouveaux cycles sporulation-infection-incubation se succèdent (REMAUDIÈRE, 1971). Dans le cas contraire, des spores à paroi épaisse ou spores durables apparaissent, permettant au pathogène de se maintenir dans le sol, parfois pendant plusieurs mois, sous cette forme de résistance. C'est seulement avec le retour de conditions favorables qu'on observe une reprise d'activité conduisant à la germination des spores durables et à la formation de conidiophores qui portent de nouvelles conidies infectantes.

Ce processus est semblable que ce soit sur un puceron des céréales en France (*Sitobion avenae*) (DEDRYVER, 1978a et 1978b), ou sur la cochenille du manioc (*Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero) au Congo (LE RÜ, 1989). Les observations sur les agents pathogènes provoquant des mycoses chez *A. gossypii* en culture cotonnière sont peu nombreuses. Si l'on excepte quelques données éparses ou des travaux d'ordre général (WEATHERSBEE et HARDEE, 1994), les contributions les plus importantes sur le rôle des entomophthorales au champ vis-à-vis d'*A. gossypii* sont celles de SILVIE et PAPIEROK (1991) au Tchad et surtout de STEINKRAUS *et al.* (1991, 1992, 1993 et 1995), STEINKRAUS et HOLLINGSWORTH (1994) et STEINKRAUS et SLAYMACKER (1994) aux Etats-Unis. Toutes concernent *Neozygites fresenii* (Nowakowski) Batko. Ces auteurs ont ainsi décrit en détail les conditions qui règlent ou favorisent le développement épizootique de la mycose, de l'Arkansas à la Louisiane en passant par le Mississippi (STEINKRAUS *et al.*, 1995). Ces travaux ont également permis, par une meilleure connaissance de l'agent pathogène, de développer des méthodes de prévision précoce des épizooties (STEINKRAUS et HOLLINGSWORTH, 1994 ; HOLLINGSWORTH *et al.*, 1995), évitant ainsi aux agriculteurs d'avoir recours à des insecticides pour limiter les populations de pucerons. Ainsi, des taux de mycose supérieurs à 70 % ont été observés au Tchad ; ils correspondent précisément à la chute brutale des populations aphidiennes (figure 16) ; ces taux sont tout à fait comparables à ceux (75 %) rapportés chaque année par STEINKRAUS *et al.* (1991, 1992, 1993 et 1995).

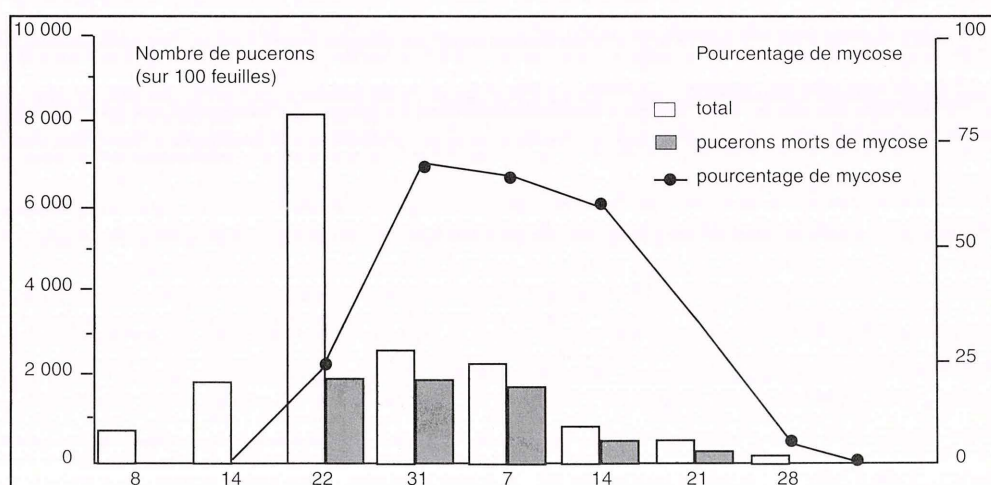


Figure 16

Evolution des populations d'*A. gossypii* dans une parcelle de cotonniers : effectifs globaux, nombre de pucerons mycosés par *N. fresenii* et pourcentage de mycose à Bébédjia, au Tchad, en 1987 (SILVIE et PAPIEROK, 1991).

Dénombrement sur 100 feuilles prélevées au hasard sur un total de 6 400 plantes.

Si l'effondrement des populations se produit naturellement de façon spectaculaire dès que les conditions favorables au déclenchement des épizooties sont requises, le problème se pose de la production industrielle de ce germe en vue de disposer de préparations pouvant être utilisées à la demande. En effet, contrairement à d'autres espèces comme *V. lecanii* ou appartenant aux genres *Zoopthora*, *Erynia* et *Conidioidolus*, voire *Entomophthora*, qui peuvent être cultivées plus ou moins facilement sur divers milieux (LATGÉ *et al.*, 1978 ; HALL, 1981 ; LATGÉ, 1981 et 1982 ; HOLDOM, 1983), *Neozygites fresenii* n'a jamais pu être cultivé *in vitro* jusqu'à ce jour.

Nous avons signalé à plusieurs reprises qu'il était difficile de quantifier, au champ, l'action des divers auxiliaires rencontrés. Cela provient d'une part de la nature des relations qui s'établissent entre *A. gossypii* et les différents éléments de son complexe parasitaire et, d'autre part, de la superposition de nombreux paramètres plus ou moins indépendants (STEWART et DIXON, 1988), variables dans l'espace et dans le temps, qui rendent les modèles mathématiques aléatoires :

- superposition de l'action limitante des nombreux prédateurs, parasitoïdes et pathogènes (figure 17), à laquelle il convient d'ajouter la mortalité naturelle des pucerons ;
- action souvent masquée et difficile à évaluer du parasitisme secondaire, voire tertiaire ;
- influence des facteurs biotiques et abiotiques sur les différents éléments du complexe parasitaire.

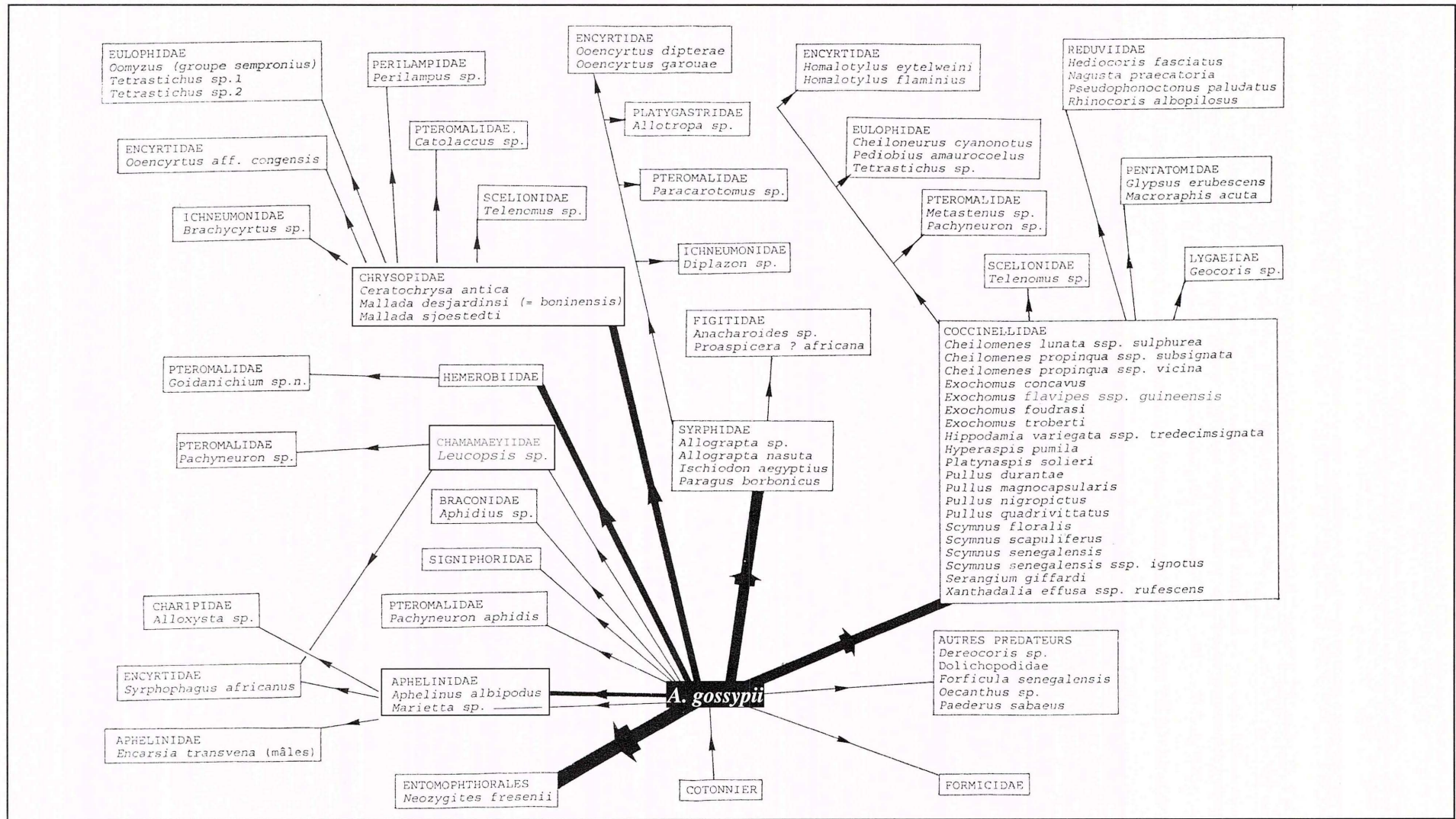


Figure 17
 Complexe parasitaire d'*A. gossypii* sur cotonnier, en Afrique francophone au sud du Sahara (SILVIE, 1995).
 L'épaisseur de la flèche rend compte de l'importance de la relation.

APHIS GOSSYPHII ET LE COTONNIER

D'un point de vue économique, *Aphis gossypii* peut être considéré comme l'une des espèces de puceron la plus importante sur le plan mondial et la plus dommageable assurément sur cotonnier et cucurbitacées, tant en Amérique du Nord qu'en Afrique ou en Asie. Espèce ubiquiste, elle s'exprime pleinement dans les régions tropicales et subtropicales, et plus généralement dans toutes les zones à hiver non rigoureux. C'est l'espèce la plus commune et la plus polyphage en Afrique au sud du Sahara.

Outre *Acyrtosiphon gossypii* Mordvilko (= *sesbaniae* David), espèce largement répandue de l'Asie centrale à l'Afrique subsaharienne en passant par le Moyen-Orient, la Sicile et l'Afrique du Nord, peut-être même jusqu'en Corée et au Japon (BLACKMAN et EASTOP, 1984), d'autres espèces ont toutefois été signalées sur cotonnier, mais leur importance est le plus souvent négligeable. Ce sont :

- *Acyrtosiphon pisum* Harris (O'BRIEN *et al.*, 1992b) ;
- *Aphis craccivora* Koch (KRANZ *et al.*, 1977 ; BLACKMAN et EASTOP, 1984 ; O'BRIEN *et al.*, 1991 et 1992b) ;
- *A. fabae* Scopoli (BLACKMAN et EASTOP, 1984) ;
- *A. maidiradicis* Forbes (O'BRIEN *et al.*, 1992b) ;
- *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (PEARSON, 1958 ; BLACKMAN et EASTOP, 1984 ; O'BRIEN *et al.*, 1991 et 1992b) ;
- *Myzus persicae* (Sulzer) (YOUNG et GARRISON, 1949) ;
- *Smynturoides betae* Westwood (BLACKMAN et EASTOP, 1984).

ENNEMI CLÉ, POURQUOI ?

A. gossypii se rencontre sur toutes les espèces du genre *Gossypium*, qu'il s'agisse notamment de *G. hirsutum* ou de *G. barbadense* (MURSAL, 1993).

Il semble que ce puceron ait pris de l'importance au cours des deux dernières décennies. Dans les années 80, de nombreux auteurs ont en effet signalé des pullulations anormales dans divers pays cotonniers : en 1983 en Chine (LUO et GAN, 1986) ; en 1984 au Moyen-Orient (BROZA, 1986) ; en 1986 et 1988 (AKEY et BUTLER, 1989 ; GRAFTON-CARDWELL, 1991), puis en 1989 et 1990 (KING *et al.*, 1987 ; STEINKRAUS *et al.*, 1991) aux Etats-Unis ; en 1988 au Nigeria (ONU, 1989). Pour l'Afrique francophone, SILVIE (1989), DEGUINE (1992) et RENOU et DEGUINE (1992) ont attiré l'attention sur le développement des populations de ce puceron, notamment au Cameroun et au Tchad où COUILLOU (1965) les qualifiait jadis de peu importantes, voire d'anecdotiques. A la fin des années 80, *A. gossypii* était devenu un ravageur clé de la culture cotonnière dans de nombreux pays. Plusieurs facteurs ont alors été avancés pour expliquer ce changement de statut : des facteurs agronomiques liés soit à une modification de la protection phytosanitaire, soit à l'extension des cultures cotonnières, soit encore au développement d'autres cultures, mais aussi des facteurs climatiques, des changements pouvant être intervenus au cours des deux dernières décennies.

Facteurs agrotechniques

Protection phytosanitaire

La protection phytosanitaire du cotonnier, essentiellement réalisée à l'aide d'insecticides d'origine chimique, a été très longtemps dirigée contre des déprédateurs des organes fructifères, en particulier les lépidoptères — *Helicoverpa armigera*, *Earias* spp., *Diparopsis* spp. *Pectinophora gossypiella* (Saunders) et *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick) — et les hémiptères (*Dysdercus* spp.). Elle a fait appel essentiellement à des pyréthrinoïdes et sans tenir compte d'autres insectes *a priori* peu importants, ravageurs ou ennemis naturels. En outre, si les techniques de pulvérisation utilisées étaient bien adaptées à la protection d'organes situés à la périphérie de la plante, elles ignoraient d'autres déprédateurs, comme *A. gossypii*, aux exigences nutritionnelles différentes.

À côté de la lutte chimique, la protection phytosanitaire du cotonnier a également recours aux variétés résistantes. Ainsi l'utilisation de variétés pileuses a permis de lutter efficacement depuis 40 ans (CAUQUIL, 1992a) contre le jasside *Austroasca lybica* (De Berjevin et Zaron) (Hemiptera), jadis considéré comme un ravageur préjudiciable ; cependant elle a créé des conditions plus défavorables au développement des ennemis naturels d'*A. gossypii* (VAISSAYRE, 1970).

Pratiques culturales

L'augmentation globale dans le temps et dans l'espace des surfaces cultivées en coton dans le monde au cours de ces dernières décennies, l'intensification de la culture et la vulgarisation de nouvelles pratiques culturales sont également à prendre en compte, comme le montrent les exemples suivants qui concernent l'Afrique centrale.

Au Cameroun, la culture cotonnière était autrefois essentiellement pratiquée à des fins artisanales. Après deux tentatives infructueuses au début du siècle, elle a véritablement démarré dans les années 50 et couvre actuellement environ 150 000 ha chaque année.

Dans la majorité des pays de la zone, on a assisté à une modification des pratiques culturales et à une intensification de la culture. En effet, dans la majorité des pays, on observe depuis 40 ans une augmentation considérable des rendements en coton graine. Au Cameroun, par exemple, les rendements sont passés de 300 kg/ha en 1950 à plus de 1 300 kg/ha au début des années 1990 (RENOU et DEGUINE, 1992). Cette augmentation peut, certes, être attribuée à la vulgarisation de variétés plus productives, mais surtout à l'utilisation de plus en plus importante d'intrants (herbicides, engrais et insecticides notamment). Par ailleurs, le recours à une fertilisation minérale appropriée a entraîné, parallèlement à l'accroissement des rendements, un développement végétatif plus important des cotonniers, créant ainsi des conditions particulièrement favorables au développement du puceron.

L'apparition de cultures nouvelles et l'extension, dans de nombreuses régions, de cultures maraîchères et légumières ou fruitières ont assuré un enrichissement floristique non négligeable et ont permis au puceron pratiquement omnivore qu'est *A. gossypii* de passer l'intersaison sur une gamme d'hôtes variés et appétents, lui permettant ainsi de maintenir des niveaux de population élevés.

Facteurs climatiques

Dans la plupart des régions tropicales sahéliennes et soudano-sahéliennes d'Afrique, les décennies 70 et 80 ont été marquées par une modification des conditions climatiques par rapport aux décennies précédentes. En particulier, la pluviométrie a nettement diminué comme en attestent les moyennes par décennie des cumuls pluviométriques annuels (DEGUINE, 1992) à Maroua (Nord-Cameroun) : 849,8 mm pour les années 60, 769,2 mm pour les années 70 et 733,5 mm pour les années 80. Il semble que ces changements climatiques aient aussi favorisé une augmentation des populations d'*A. gossypii*.

NATURE DES DÉGÂTS

Nous avons vu, dans la première partie, que l'on avait coutume de distinguer, dans le cas des pucerons, les dégâts directs des dégâts indirects. Les premiers sont seulement dus à la prise de nourriture et à l'action spoliatrice par prélèvement de sève, tandis que les seconds sont occasionnés par la présence de miellats et de la fumagine qui s'y développent, ou résultent de la transmission de germes phytopathogènes que sont les virus.

Dégâts directs

Sur le cotonnier, les dégâts trophiques dus à *A. gossypii* se traduisent par des déformations du limbe des feuilles piquées qui se crispent ou se plissent entre les nervures (planche VI). En période de pullulation, on peut dénombrer jusqu'à 2 000 pucerons par feuille (LESER *et al.*, 1992) auteurs de plus de 100 000 piqûres (SLOSSER *et al.*, 1989). La croissance de la plante est alors ralentie, son développement retardé, l'activité et l'assimilation chlorophyllienne entravées (planche VII) : il s'ensuit un affaiblissement général du jeune cotonnier qui pousse mal et se trouve alors particulièrement sensible à toute agression ou à des stress divers.

Les crispations ou le gaufrage du limbe consécutifs aux piqûres nutritionnelles d'*A. gossypii* sont suffisamment remarquables pour ne pas être confondus avec des dégâts dus à d'autres ravageurs, si ce n'est peut-être sur très jeunes plants avec ceux causés par les cicadelles, avant enroulement et décoloration marginale du limbe. On n'observe en effet ni de nécrose des nervures, ni de perforation du limbe, symptômes que l'on rencontre lors d'attaques de divers mirides (*Campylomma* sp., *Lygus* sp., *Helopeltis* sp.) (Heteroptera) ou de thrips (Thysanoptera), voire de tarsonèmes (Acari).

Dégâts indirects

Miellats et fumagine

Comme sur tout végétal hébergeant des populations importantes de certains homoptères, les excréta sucrés déposés sur le feuillage tout au long du développement du cotonnier et accompagnés de fumagine entravent la respiration et gênent l'assimilation chlorophyllienne.

Mais, plus grave encore, lorsque le cotonnier est à maturité, l'écoulement des miellats du puceron sur les capsules déhiscentes englu les fibres, ce qui rend le coton « collant » et crée de sérieuses difficultés au moment de l'égrenage et du traitement de la fibre (photographies VIIb et VIIc). En filature, on observe en particulier, outre un ralentissement des diverses opérations, des casses fréquentes de fil, un encrassement des turbines et des plateaux du briseur (dans le cas de la filature à rotor) ainsi qu'un effet de piège pour la poussière qui adhère à la fibre.

A côté de cette dépréciation directe sur le coton graine, les gouttelettes cristallisées de miellat, très hygroscopique, permettent le développement de champignons saprophytes du genre *Capnodium*, agent des fumagines, qui trouvent là un excellent milieu de culture (photographie VIIc).

D'autres espèces d'insectes piqueurs-suceurs produisent du miellat. Il s'agit d'aleurodes (essentiellement *Bemisia tabaci*) et de cochenilles [*Ferrisia virgata* (Cockerell), *Nipaecoccus vastator* (Maskell) et *Phenacoccus* spp.]. Si la présence de mélézitose et de turanose sur les cotons collants permet d'affirmer que des insectes en sont responsables (HECTOR et HODKINSON, 1989), l'analyse des miellats ne permet pas de préciser l'insecte qui les a produits, aucun sucre ni marqueur particulier ne permettant d'en caractériser l'origine (BOURELY, 1980). Toutefois, l'examen minutieux de la forme et de la distribution des gouttelettes déposées permet de distinguer les miellats d'aleurodes des miellats de pucerons. En effet, chez les premières, l'excrétion par le rectum consiste en une pulvérisation pratiquement ininterrompue, à la suite d'une vigoureuse contraction des muscles situés au niveau de l'intestin postérieur (KUNKEL, 1972). Il se crée ainsi un film continu et homogène de miellat constitué d'éléments minuscules. En revanche, chez *A. gossypii*, le miellat est retenu dans le rectum jusqu'à ce qu'il soit expulsé en une seule fois, sous forme de gouttelettes plus ou moins grosses, retenues ou non au niveau de l'anus par des soies périanales, puis projetées d'un mouvement brusque de la patte postérieure. Il s'ensuit une expulsion fractionnée des miellats (KLOFT, 1968), avec dépôt de gouttelettes d'un diamètre plus important compris entre 0,5 et 1,5 mm, selon les stades de développement du puceron et nombre de facteurs environnementaux (KLINGAUF, 1987b).

Transmission de viroses

Vecteur d'une soixantaine de virus essentiellement de type non persistant (EASTOP, 1977a et 1983) et affectant une grande variété de plantes en particulier des cucurbitacées, *Aphis gossypii* est, avec *M. persicae*, l'une des espèces de puceron vecteur la plus souvent citée dans la littérature. Il peut également transmettre la dangereuse *Tristeza* des agrumes (BAR JOSEPH et LOEBENSTEIN, 1973 ; ROISTACHER *et al.*, 1980).

Sur cotonnier, ce puceron est le seul vecteur connu de la Maladie bleue (photographie VIIa), maladie à virus de type non persistant observée dès 1945 en Afrique centrale, mais qui n'a pris une réelle extension

qu'une vingtaine d'années plus tard (DELALANDE, 1970). Cette virose se caractérise par un aspect buissonnant du plant dû à un raccourcissement des entre-nœuds (CAUQUIL et VAISSAYRE, 1971) ; les plantes atteintes présentent un épaississement du limbe qui rend les feuilles cassantes ; elles s'enroulent vers le bas, d'où l'appellation de *leaf roll* donné à la maladie par les Anglo-Saxons, et sont de couleur vert foncé. Enfin, le nombre d'organes fructifères est réduit et on peut observer, sur les cotonniers très atteints, une stérilité totale ou la chute des capsules avant maturité. La gravité de la maladie est d'autant plus grande que l'infection a eu lieu précocement (CAUQUIL, 1977). On peut dire actuellement que l'ensemble des zones cotonnières, du Zaïre à la Côte d'Ivoire, sont atteintes.

Ailleurs, en Asie centrale, en Thaïlande, en Inde, au Brésil ou en Argentine par exemple (NOUR, 1960 ; TARR, 1964 ; COSTA et CARVALHO, 1965 ; FOLLIN et CAMPAGNAC, 1981 ; CAUQUIL et VINCENS, 1982), *A. gossypii* est tenu pour responsable de la dissémination de diverses autres maladies dont les symptômes sont assez voisins de ceux de la Maladie bleue, excepté les symptômes foliaires. On note, en effet, parfois, une chlorose ou un rougissement du feuillage d'où, dans certains pays comme le Brésil, le nom d'Anthocyanose donné à une maladie due à un virus de type persistant (COSTA et SAUER, 1954).

FLUCTUATIONS DES POPULATIONS

Contrairement à ce qui a été fait sur les pucerons des céréales par exemple (PIERRE et DEDRYVER, 1984), l'étude de la dynamique des populations d'*Aphis gossypii* en culture cotonnière n'a été que rarement abordée de manière quantitative. Aussi les contributions apportées par les différents auteurs ne fournissent-elles pas les éléments permettant de mettre au point un modèle d'explication, voire de prévision des fluctuations saisonnières, comme cela a été proposé pour d'autres pucerons.

DEDRYVER *et al.* (1982), à propos de travaux faits en Bretagne sur les pucerons des céréales, ont bien résumé la difficulté de l'opération qui exige l'association, sur le même sujet et de préférence sur le même site, de plusieurs chercheurs aux compétences complémentaires. Cela nécessite d'abord l'acquisition de bonnes connaissances sur les fluctuations des populations au champ et les facteurs qui les régissent. Ensuite, il convient d'étudier précisément, en conditions contrôlées, l'impact des différents facteurs précédemment identifiés. Enfin, la troisième étape fait appel à un biométricien dont le rôle est d'élaborer un modèle explicatif, dont il faudra vérifier l'exactitude sur le terrain. Tout cela demande du temps et du personnel, l'étude de chaque mécanisme constituant en soi un axe de recherche suffisant pour occuper un scientifique.

Diverses études ont bien été menées sur les fluctuations de population (première étape), mais un nombre très réduit seulement de modèles mathématiques prenant en compte divers facteurs environnementaux ont été proposés, tous en Chine, pour la prévision des variations de populations d'*A. gossypii* sur cotonnier (LUO et XIN, 1985 ; XIA et STERLING, 1987 ; ZHANG *et al.*, 1987).

Fluctuations saisonnières

Aucun schéma général d'évolution saisonnière des populations d'*A. gossypii* en culture cotonnière ne peut être donné, tant les facteurs susceptibles d'intervenir sont nombreux, en particulier les conditions de culture et le climat, sur le plan local.

Les conditions de l'infestation des cotonniers et la façon dont elle se développe en début de campagne ont été décrites par plusieurs auteurs dans différentes régions du globe, en particulier en Afrique (KHALIFA et SHARAF-EL-DIN, 1964 ; VAISSAYRE, 1970 ; DUVIARD et MERCADIER, 1973 ; KHALIL et WATSON, 1983 ; DEGUINE, 1992 ; RENOU et DEGUINE, 1992), aux Etats-Unis (SLOSSER *et al.*, 1989 ; BURRIS *et al.*, 1990), en Israël (BROZA, 1986) ou en Chine (ZHAO et ZHOU, 1988 ; ZHANG et CHEN, 1991). CAUQUIL et VINCENS (1982), BROZA (1986), LUO et GAN (1986), GUBRAN *et al.* (1990), ou encore HARRIS *et al.* (1992) ont quant à eux signalé des populations importantes d'*A. gossypii* en milieu de campagne, tandis que KHALIFA et SHARAF-EL-DIN (1964), BROZA (1986), GUBRAN *et al.* (1990) et RENOU et DEGUINE (1992) apportaient des précisions sur la façon dont se développent les pullulations en fin de saison, respectivement en Egypte, en Israël, au Soudan et au Cameroun. Selon ces auteurs, le nombre de pullulations sur un cycle est de une ou deux, jamais de trois.

Modalités des infestations

Elles ont été décrites pour l'Afrique en général par DELATTRE (1973). Des précisions ont été apportées par DUVIARD et MERCADIER (1973) en Afrique de l'Ouest et par VAISSAYRE (1970), CAUQUIL et VINCENS (1982) et DEGUINE (1995a) en Afrique centrale. L'infestation d'une parcelle de cotonniers se fait dès la levée. Selon DUVIARD et MERCADIER (1973), des pucerons ailés sont présents en abondance dans le plancton aérien évoluant au-dessus des parcelles fraîchement labourées, avant même l'apparition des premières plantules qui sont immédiatement colonisées dès leur levée. L'effet de contraste entre la plante et le sol nu joue alors pleinement, comme l'ont montré plusieurs auteurs sur d'autres espèces de pucerons ou dans d'autres types de culture (KENNEDY *et al.*, 1961 ; A'BROOK, 1964).

Après cette infestation primaire de la culture, due à l'immigration des ailés exogènes, se développe l'infestation secondaire à partir des larves déposées par ces derniers. Ces larves évoluent en aptères qui vont se disperser verticalement sur le plant ainsi que de plante à plante, assurant généralement une colonisation de l'ensemble de la parcelle. Cette gradation correspond au développement exponentiel de la population. DEGUINE (1992) estime par exemple qu'au bout de deux semaines un seul ailé exogène a été à l'origine de 6 000 individus ! Cette première infestation dure de une à quatre semaines selon les conditions climatiques, notamment la pluviométrie. Une période sans pluie peut en effet favoriser cette pullulation (DELHOVE et NKOMBÉ, 1990). Au sein de ces colonies populeuses, on commence à observer des larves à ptérothèques qui assureront, une fois devenues adultes ailés, la colonisation d'autres plantes, non seulement dans la parcelle où elles sont nées mais aussi, et surtout, hors de celle-ci.

Cela correspond à une seconde vague d'infestation par des ailés endogènes produits dans la parcelle considérée. Elle se développe environ 20 à 30 jours après l'arrivée des premiers ailés exogènes et marque le déclin de la gradation. La chute des populations s'accroît rapidement, elle est parfois soudaine et brutale, toujours influencée par des facteurs extérieurs, notamment les pluies et surtout le développement des mycoses qui leur fait suite. STEINKRAUS *et al.* (1992) rapportent que les populations d'*A. gossypii* peuvent être réduites de 75 % en moins de deux semaines, sous la seule action de l'entomophthorale *Neozygites fresenii*.

Des populations résiduelles d'aptères se maintiennent alors sur les feuilles basales de la plante (CAUQUIL et VINCENS, 1982 ; CAUQUIL *et al.*, 1992 ; DEGUINE, 1995a) et seront à l'origine d'une seconde gradation parfois observée en fin de saison, mais moins forte que la première.

Cette pullulation s'achèvera par la production d'ailés sur les feuilles sénescentes qui persistent encore à cette époque et qui ne tarderont pas elles-mêmes à chuter, entraînant la disparition totale des pucerons sur les cotonniers. Les ailés produits se répartissent alors sur les plantes hôtes spontanées environnantes encore appétentes (DEGUINE, 1995a) ainsi que sur les cotonniers irrigués (SILVIE et DEGUINE, 1987).

Facteurs impliqués

Nombreux et variés sont les facteurs intervenant dans les fluctuations de populations de pucerons (VAN EMDEN, 1986). Leur importance relative est si variable et leurs interactions si complexes qu'il est singulièrement difficile de hiérarchiser et de quantifier leur rôle respectif, ce qui rend souvent difficile l'explication des fluctuations observées (RAYWORTH, 1984).

Parmi les facteurs abiotiques, le climat joue un rôle prépondérant, notamment la température en climat tempéré, les conditions thermiques de l'hiver et du début du printemps déterminant par exemple le moment où se produit le vol de printemps d'espèces anholocycliques (ROBERT et ROUZÉ JOUAN, 1978). Des corrélations peuvent ainsi être établies entre les conditions climatiques, sévissant à certaines périodes critiques, et l'activité, la présence ou l'abondance d'une espèce aphidienne donnée (VICKERMAN, 1977 ; A'BROOK, 1981).

A partir de l'étude, cas par cas, de ces corrélations établies avec des données recueillies sur plusieurs années sur une région donnée, on peut envisager qu'il soit possible d'améliorer la prévision des risques potentiels d'infestation de la culture (PIERRE et DEDRYVER, 1984 ; PIERRE *et al.*, 1986 ; MASTERMAN *et al.*, 1996).

En zone tropicale, en revanche, la pluviométrie est le facteur le plus important (EASTOP, 1957 ; VAN HOFF, 1962 ; DE OLIVEIRA, 1971 ; PEREZ et ROBERT, 1984) et pas seulement pour les aphides (WOLDA, 1978 ; HAGGIS, 1996). En Afrique centrale par exemple, la gradation des populations

d'*A. gossypii* en début de cycle correspond souvent à une période sans pluie, à la suite du semis, alors qu'en fin de cycle elle intervient généralement après l'arrêt des pluies. Les observations faites sur plusieurs années conduisent à penser que les niveaux de population atteints sont indirectement liés à la pluviométrie enregistrée au cours de la saison des pluies, qui favorise le développement des cotonniers selon les conditions culturales pratiquées et la capacité de rétention en eau des sols.

Notons que l'extension des cultures cotonnières ou des facteurs agrotechniques (pratiques culturales, choix des variétés, fumure et protection phytosanitaire) peuvent également modifier l'évolution des populations.

Diverses études ont été conduites sur les relations tritrophiques qui s'établissent entre les plantes, les herbivores (les pucerons) et les ennemis naturels des herbivores (VAN EMDEN, 1986 ; CAMBPELL *et al.*, 1990 ; REED *et al.*, 1991). Mais, parce que difficile à évaluer, l'action des ennemis naturels dans les parcelles de cotonniers a souvent été négligée lors des études sur les fluctuations de populations d'*A. gossypii*, de même que les autres éléments de la biocénose (ravageurs concurrents, fourmis, etc.). En outre, les recherches sur la dynamique des populations et les paramètres démographiques d'*A. gossypii* sur cotonnier font également défaut, excepté quelques études conduites récemment aux Etats-Unis et au Japon (KOMAZAKI, 1982), alors qu'elles sont légion en région tempérée sur melon, concombre ou chrysanthème (WYATT, 1971 ; KENNEDY et KISHABA, 1976 ; WYATT et BROWN, 1977 ; KOCOUREK *et al.*, 1994 ; VAN STEENIS et ELKHAWASS, 1995a).

Prévision des infestations

Différentes techniques ont été proposées pour rendre compte de l'activité de vol et de la distribution spatiale des pucerons ainsi que pour évaluer les fluctuations de leurs populations. Concernant les ailés, il s'agit essentiellement de techniques de piégeage (HEATHCOTE, 1972 ; TAYLOR et PALMER, 1972 ; A'BROOK, 1973a ; ROBERT, 1987a et 1988b ; ROBERT *et al.*, 1988). Pour les aptères, on applique principalement le contrôle visuel par échantillonnage d'un certain nombre d'organes. Ces deux techniques sont parfaitement complémentaires et sont à utiliser en fonction de l'objectif visé (tableau 13). Ce tableau fournit en outre quelques recommandations méthodologiques.

Piégeage

Lorsqu'il s'agit de suivre les déplacements à longue distance (migrations), on a recours — nous l'avons vu plus haut — à des pièges à succion dont divers modèles ont été proposés (JOHNSON, 1950a ; TAYLOR, 1951 ; JOHNSON et TAYLOR, 1955 ; ROBERT, 1988b) : tels sont ceux qui sont utilisés au sein du RIS (*Rothamsted Insect Survey*) ou du réseau Euraphid (TAYLOR, 1981 et 1983 ; CAVALLORO, 1987 et 1989). Pour prévoir les risques potentiels d'infestation des cultures, on a recours :

- soit à des pièges à eau dans lesquels les insectes se noient ; ces pièges sont peints intérieurement en jaune (MOERICKE, 1951) ou constitués de plaques de céramique immergées, peintes d'une couleur de courbe spectrale proche de celle de la plante à protéger (IRWIN, 1980) ;
- soit à des plaques ou panneaux colorés englués sur lesquels les insectes attirés se posent activement et sont retenus par la glu (BROADBENT, 1948 ; WATSON et HEATHCOTE, 1965 ; THIEME *et al.*, 1994) ;
- soit encore à des pièges filtrants à fils englués (LABONNE *et al.*, 1983).

Ces différents types de pièges ne doivent pas être utilisés indifféremment quels que soient les objectifs visés, et ne fournissent pas le même type d'information (ROBERT, 1988b). Par exemple, les pièges à succion qui permettent d'échantillonner un volume d'air donné par unité de temps fournissent une mesure absolue non biaisée de la densité des différentes espèces de pucerons présents dans le plancton aérien. En revanche, les autres pièges non attractifs comme les pièges à fils en donnent une mesure relative, car leur efficacité dépend notamment de la vitesse du vent. Enfin, les pièges colorés attractifs donnent une image biaisée de la composition réelle de la population aphidienne en vol à un instant donné, car toutes les espèces ne réagissent pas de façon identique à ce stimulus visuel. Par exemple, *S. graminum*, bien que présent, ne sera pas capturé, car cette espèce n'est pas attirée par la couleur jaune, alors que la population d'*A. spiraeola* apparaîtra surestimée car très stimulée.

Hauteur, couleur (réflectance), emplacement dans la parcelle, nombre, dimension et forme sont des caractéristiques essentielles à prendre en considération si l'on veut procéder à des études comparatives et suivre les niveaux de population de différentes espèces (ROBERT et ROUZÉ JOUAN, 1975 ; BOITEAU, 1990). Dès lors qu'une seule espèce est concernée, ce qui est le cas avec *A. gossypii* en

culture cotonnière, les qualités à rechercher sont l'efficacité, la représentativité, la fiabilité et la simplicité de mise en œuvre. Le dispositif de piégeage mis au point au Cameroun (DEGUINE et LECLANT, 1996) pour détecter les premiers vols de contamination d'*A. gossypii* répond précisément à ces objectifs.

Contrôle visuel

Cette technique a été mise au point pour le suivi des infestations d'arthropodes ravageurs du pommier (BAGGIOLINI, 1965). Elle consiste à effectuer des recensements durant toute la période végétative, à des intervalles variables selon la nécessité, en dénombrant les ravageurs ou les colonies de ravageurs et leurs auxiliaires, sur un certain nombre d'organes choisis au hasard sur des plantes représentatives de la parcelle. Cette technique s'utilise donc sur le terrain et fournit, pour *A. gossypii*, une bonne évaluation de ses populations et de ses ennemis naturels ; elle permet aussi d'obtenir des renseignements s'appliquant à l'ensemble de l'entomofaune du cotonnier. Son application nécessite toutefois une bonne expérience et une connaissance approfondie des différents stades des ravageurs, de leurs dégâts ainsi que des auxiliaires.

Dans le cas du cotonnier en Afrique, les observations faites avec cette méthode ont porté sur des échantillons de taille et de caractère différents, et les degrés de précision recherchée étaient également variables.

On peut ainsi considérer le pourcentage de plantes infestées dans la parcelle, mais il s'agit là d'un critère peu précis. Un peu plus explicite est la prise en compte du pourcentage de feuilles infestées par au moins un puceron aptère (CAUQUIL *et al.*, 1989). Ce type de recensement est représentatif à partir de l'observation des cinq feuilles terminales bien développées de 20 cotonniers, constitués en quatre groupes de 5 cotonniers successifs. Plusieurs auteurs ont proposé des échelles de cotation simplifiées : soit de type logarithmique (DELATTRE, 1973), soit de type linéaire (GIRARDOT, 1992a), soit de type géométrique (LECLANT et REMAUDIÈRE, 1970) qui ont été expérimentées en Afrique sur *A. gossypii* et qui permettent de rendre compte de l'évolution de niveaux de population différents.

Il est clair que le recensement exhaustif des individus dans un échantillon donné représentatif est la méthode la plus précise. Son utilisation ne se justifie toutefois que lors d'études de dynamique de population, dans lesquelles on est amené à considérer la structure démographique et à distinguer les différents stades au sein des colonies. Le dénombrement complet des pucerons ne peut être envisagé dans la pratique où la précision doit laisser place à la simplicité d'utilisation, tout en conservant représentativité et fiabilité.

Ainsi, les critères actuellement les plus utilisés en culture cotonnière portent plutôt sur le pourcentage de plantes ou, plus généralement, de feuilles infestées (DENECHÈRE, 1981 ; CAUQUIL *et al.*, 1982 ; CAUQUIL *et al.*, 1983). MURUGESAN *et al.* (1977) estiment qu'il convient d'observer au moins 7 % des plantes présentes. Cette même méthode ne peut être utilisée durant toute la période végétative. En effet, elle donne satisfaction dans le cadre d'essais comparant des modalités de traitement (comparaison de l'efficacité de matières actives ou de techniques de pulvérisation différentes) et dans l'estimation, à un instant donné, de la répartition d'*A. gossypii* dans une parcelle.

En revanche, la technique consistant à évaluer la proportion de feuilles infestées n'est pas adaptée pour suivre l'évolution et les fluctuations des populations dans le temps (O'BRIEN *et al.*, 1991), car elle ne prend pas en compte, par exemple, la localisation variable du puceron selon le stade phénologique : le puceron est en effet bien présent dans la partie apicale de la plante en début et en fin de période végétative, mais se situe plutôt dans la partie basale au milieu de la saison (comme cela a été vu précédemment). Le choix de l'échantillon doit donc varier au cours du cycle végétatif du cotonnier. Une méthode d'estimation inadaptée à l'objectif recherché peut conduire à des conclusions hâtives (GOZÉ et GACON, 1989). De même, selon le type de cotonniers, cotonniers à feuilles classiques ou à feuilles okra, on peut observer des différences d'infestation qui ne sont pas décelables lorsque l'on considère seulement des pourcentages de plantes ou de feuilles infestées. Dans ce cas, il faut effectuer un dénombrement exhaustif des effectifs.

Aux Etats-Unis, on a régulièrement recours à une technique de lavage des plantes. Elle consiste à prélever les jeunes plantes, puis à les laver au laboratoire dans diverses solutions afin de recueillir les insectes (thrips et pucerons) et de les dénombrer ensuite (HEATHCOTE, 1972 ; LEIGH *et al.*, 1984 ; BURRIS *et al.*, 1989 et 1990 ; HARDEE *et al.*, 1994 ; MICINSKI *et al.*, 1995).

Les observateurs ou contrôleurs africains chargés des recensements et comptages acquièrent assez rapidement la technique du contrôle visuel. Les contrôles faits *a posteriori* permettent en effet d'accorder

TABLEAU 13

Exemples de recommandations méthodologiques.

Objectifs	Site et dispositif expérimentaux	Echantillon				Période et fréquence des observations	Critère utilisé	Difficulté	Fiabilité
		Plantes		Feuilles					
		Taille	Forme	Taille	Forme				
Fluctuation des populations									
Dans le temps									
- sur plusieurs campagnes	- une unité de piégeage	————	————	————	————	mai à décembre (6 ou 7/semaine)	CAP	*	***
- pendant la campagne	- une unité de piégeage	————	————	————	————	mai à décembre (6 ou 7/semaine)	CAP	*	***
- pendant une phase	- parcelle non traitée isolée (> 400 m ²)	20	1D	5	M3	phase à étudier (2/semaine)	PUC	***	***
Dans l'espace									
- zone cotonnière	- réseau d'unités de piégeage	————	————	————	————	mai à décembre (6 ou 7/semaine)	CAP	**	***
- système de culture	- un bloc avec cultures associées	50	2D	5	M1	levée à récolte (2/semaine)	PFI	***	**
- parcelle	- parcelle non traitée (1/4 à 1/2 ha)	25	1D	5	M1	phase d'infestation (2/semaine)	PFI	*	**
- plant	- parcelle non traitée isolée (> 400 m ²)	20	1D	5	M3	levée à récolte (2/semaine)	PUC	***	**
Dégâts									
Trophiques	- parcelle homogène (> 1 000 m ²)	100	10T	toutes	————	avant 45 JAL (2/semaine)	PPDD	*	**
Collage	- parcelle homogène (> 1 000 m ²)	récolte de toute la parcelle	————	————	————	après déhiscence (2/campagne)	THER	***	*

CAP : captures d'ailés

D : diagonale

JAL : jours après levée

M1 : méthode « DENECHÈRE » (DENECHÈRE, 1981)

M3 : méthode « DEGUINE » (DEGUINE, 1995a)

PFI : pourcentage de feuilles infestées

PPDD : pourcentage de plantes présentant des dégâts

PUC : nombre de pucerons

T : tronçon

THER : mesures au thermodétecteur

* : faible

** : moyenne

*** : élevée

une très bonne fiabilité à leurs observations, que ce soit pour reconnaître, distinguer et recenser les différents ravageurs et auxiliaires présents dans la culture ou pour effectuer les dénombrements de petits insectes, tels que les aleurodes ou les pucerons. Cet apprentissage réussi et le sérieux avec lequel les examens sont réalisés ont permis, petit à petit, de quantifier l'incidence économique d'*A. gossypii* en fonction des niveaux de population, donc d'aménager la lutte en développant des programmes de traitements prenant mieux en compte les populations de ravageurs présents. Des seuils de tolérance indicatifs ont pu être proposés, permettant ainsi de décider de l'opportunité d'un traitement phytosanitaire et de ne le déclencher qu'en fonction d'un risque potentiel. Tel est le cas de la lutte étagée ciblée (LEC), méthode de lutte mise en œuvre notamment au Cameroun à partir de 1991 (DEGUINE *et al.*, 1993), et tendant à être vulgarisée aujourd'hui dans toute la zone cotonnière d'Afrique subsaharienne. Le contrôle visuel s'est également révélé un excellent outil pour évaluer l'intérêt et l'efficacité de différents programmes de protection phytosanitaire, comparer les nouvelles matières actives mises sur le marché ou encore les diverses techniques de pulvérisation.

La fiabilité et la précision de cette technique d'observation dans l'évaluation des populations sont toutefois fonction de facteurs humains, comme la fatigue ou l'effet de l'observateur. Cela conduit à limiter la durée de ces observations pour un même contrôleur et à être attentif aux comparaisons que l'on peut faire entre des résultats obtenus par différents observateurs. En outre, l'heure à laquelle se font les recensements est à prendre en compte et ces relevés doivent toujours être faits dans la même tranche horaire et selon le même itinéraire. En effet, le comportement des pucerons et des organismes qui leur sont associés peut varier et l'éclairage, jouant sur les ombres, les reliefs et les couleurs du végétal, peut privilégier l'un d'entre eux et conduire à le surestimer ou, inversement, à le sous-estimer.

INCIDENCE ÉCONOMIQUE

Les travaux publiés concernant l'incidence économique d'*Aphis gossypii* en culture cotonnière dans le monde sont innombrables. Tous les auteurs, ou presque, s'accordent pour reconnaître qu'il s'agit d'un ravageur important qualifié de « remarquable », « sérieux », « dangereux », voire « redoutable », dont l'incidence économique se manifeste de deux façons : par une perte de production en coton graine et par la dépréciation de la qualité de la fibre. En revanche, rares sont les auteurs qui décrivent ce puceron comme un déprédateur secondaire.

Perte de production en coton graine

Les dégâts indirects provoqués par *A. gossypii*, que ce soit par suite de la présence de miellat sur le feuillage (SCHMUTTERER, 1969) ou de la contamination des plantes par des agents phytopathogènes comme le virus de la Maladie bleue (CAUQUIL et VAISSAYRE, 1971 ; CAUQUIL, 1992b), peuvent être à l'origine d'une perte de rendement.

Mais, dans la plupart des cas, ce sont les dégâts trophiques directs en relation avec les piqûres d'alimentation du puceron qui, en provoquant un retard dans le développement des plantes, sont à l'origine des pertes de production. Leur importance peut varier selon les régions de production, la période à laquelle les infestations aphidiennes ont lieu et les conditions de culture.

Ainsi, en Afrique, si MATTHEWS (1989a) au Nigeria et DELHOVE et NKOMBÉ (1990) au Zaïre attribuent un rôle mineur à *A. gossypii* et si BRETELL (1988) au Zimbabwe le considère comme commun mais moins important que les tétranyques, CAUQUIL et VINCENS (1982) en République centrafricaine lui attribuent des baisses de production de 6,5 %, tandis qu'au Soudan RIPPER et GEORGE (1965) les estiment, certaines années, à 65 %. Souvent imputable aux fortes infestations en début de campagne, la perte de récolte est d'autant plus marquée que l'infestation est précoce, la période critique se situant durant le mois qui suit la levée (KOSHAEVA, 1965 ; GAO, 1987 ; DEGUINE *et al.*, 1994). La présence de populations importantes de pucerons se traduit alors par une forte crispation du feuillage et un retard végétatif notable. Si, par la suite, les conditions de culture sont favorables, en particulier avec une période de pluie suffisamment longue ou dans des conditions de culture irriguée, ce retard peut être compensé et on ne décèle pas d'incidence sur la production de coton graine (WILHOIT *et al.*, 1992 ; ROSENHEIM, 1995). En revanche, dans le cas contraire, la baisse de rendement est sensible (BRETELL, 1988). L'incidence des infestations précoces sur le rendement a ainsi été évaluée à plus de 20 % au Cameroun sur des semis tardifs (DEGUINE *et al.*, 1994), pour des potentiels de production de l'ordre de 1 500 kg/ha. Ces auteurs considèrent que, certaines années, *A. gossypii* peut occasionner des pertes du même ordre que les chenilles carpophages d'*H. armigera*, *Diparopsis watersi* (Rotschild), *Earias insulana* (Boisduval) et *E. biplaga* (Walker).

Aux Etats-Unis, les avis sont partagés quant à la nuisibilité d'*A. gossypii*. Par exemple, BENEDICT *et al.* (1989) le classent parmi les ravageurs mineurs du cotonnier au même titre que les thrips, les aleurodes et les « punaises puantes » de la famille des Pentatomidae (*stink bugs*) et PENDERGRASS (1989) le considère comme un déprédateur occasionnel, comme les thrips, les tétranyques et les vers gris (Lepidoptera, Noctuidae). De même, PERKINS (1983) considérerait *A. gossypii* comme peu nuisible. Au contraire, SLOSSER *et al.* (1989) signalent une perte possible de rendement de l'ordre de 100 kg/ha, tandis que les estimations d'ISELY (1946) et de PRICE *et al.* (1983) sont respectivement de 350 et 100 kg/ha. Mais les dégâts peuvent varier d'une année à une autre. Ainsi, en 1992, FUCHS et MINZENMAYER observent une réduction de la hauteur des plantes à la suite d'une infestation par des populations supérieures à 50 individus par plante pendant trois semaines, ou égales à cent pendant deux semaines, ce qu'ils ne constatent plus en 1993, où les populations se sont développées plus tard qu'en 1992, alors que les pertes en coton graine ont été identiques. Enfin, également aux Etats-Unis, HEAD (1991) évalue à 95 286 balles de coton (plus de 20 000 t) le manque à gagner dû aux déprédations d'*A. gossypii* ! Il s'agit, pour cet auteur, du plus important ravageur du cotonnier aux Etats-Unis. Cet avis est partagé, pour 1991, par HARDEE et HERZOG (1992). Dans les conditions de culture irriguée où il peut y avoir compensation après une attaque précoce, WILHOIT *et al.* (1992) et ROSENHEIM (1995) ne décèlent aucune incidence d'une forte infestation sur la production de coton graine ni, d'ailleurs, sur la qualité de la fibre. En revanche, une perte de production a pu être parfois observée à la suite d'une infestation importante en milieu de cycle cultural, sans qu'il y ait d'effet, non plus, sur le collage de la fibre (ANDREWS et KITTEN, 1989 ; HARDEE et O'BRIEN, 1990 ; BAGWELL *et al.*, 1991 ; HARRIS *et al.*, 1992 ; FUCHS et MINZENMAYER, 1995).

Dépréciation de la qualité de la fibre

Les infestations d'*A. gossypii* ont fréquemment une influence sur les qualités technologiques de la fibre. En effet, le retard dans le développement végétatif du cotonnier entraîne également une modification néfaste de certaines qualités de la fibre, en particulier la maturité (EATON *et al.*, 1946). Cette dépréciation est toutefois tout à fait secondaire en regard des importants dommages qui résultent de la présence de miellats responsables du collage de la fibre, et que l'on observe uniquement à la suite des infestations de fin de cycle (GUTKNECHT et FOURNIER, 1987 ; GUTKNECHT *et al.*, 1988 ; HECTOR et HODKINSON, 1989 ; TOLLERVEY, 1989). Au cours des années 1980, le collage de la fibre est devenu un fléau mondial et touche actuellement presque tous les pays producteurs de coton, cependant à des degrés plus ou moins importants. Et, si certains pays africains pouvaient être montrés du doigt, il semble qu'aujourd'hui le pourcentage de cotons collants observé en Amérique du Nord soit du même ordre que celui enregistré en Afrique (FRYDRYCH et HEQUET, 1992).

Par suite des complications qu'il entraîne lors du traitement de la fibre, le collage a une incidence économique considérable. En effet, le coton collant est acheté par les filateurs à un prix nettement inférieur à celui du coton non souillé. Cette décote, visant à compenser financièrement les difficultés rencontrées pour usiner une fibre collante, varie de 5 à 10 % (HECTOR et HODKINSON, 1989 ; DEGUINE, 1995a) et pénalise ainsi très fortement les producteurs de fibre.

Conclusion

Deux périodes clés doivent particulièrement retenir l'attention dans le cycle cultural du cotonnier lorsque l'on considère les dommages causés par *A. gossypii* : le début et la fin du cycle. Les infestations en début de saison entraînent un ralentissement dans le développement de la plante et, s'il n'y a pas compensation, une perte de production en coton graine peut être constatée. En fin de saison, les miellats souillent la fibre et sont responsables de son collage, ce qui occasionne également des perturbations dans le fonctionnement des filatures. Les industriels répercutent alors financièrement ces difficultés et complications sous la forme d'une décote supportée par les producteurs de fibre, dont le manque à gagner peut parfois être très élevé.

LES TECHNIQUES DE LUTTE ET LEUR ÉVOLUTION

La protection des cultures cotonnières a suivi à peu près partout dans le monde une évolution dans ses méthodes, comme il en a été pour d'autres spéculations (SMITH, 1971). Mais, dans un passé récent et face à une situation de « crise », voire de « désastre » succédant à une phase d'« exploitation » qui permit d'atteindre de hauts rendements (BOTTRELL et ADKINSON, 1977), cette évolution a été plus ou moins rapide selon les pays ou les zones géographiques, en fonction de diverses contraintes (apparition des problèmes de résistance chez les ravageurs, réduction des intrants imposée par les bailleurs de fonds, etc.) pour en arriver à une conception plus « intégrée » de la protection de la culture (DOUTT et SMITH, 1971).

UN CONSTAT ET UN BILAN

Jusqu'à ces dernières années, la protection phytosanitaire du cotonnier a exclusivement fait appel, en Afrique francophone et dans un certain nombre d'autres pays en voie de développement, à la lutte chimique, appliquée indépendamment des niveaux de population des ravageurs et des risques encourus. En outre, elle a essentiellement concerné les déprédateurs des organes fructifères considérés, à juste titre, comme les plus dangereux pour la production en coton graine et les plus préjudiciables pour l'agriculteur.

Si, dans la plupart des pays producteurs et en Afrique subsaharienne en particulier, les traitements dirigés contre les insectes carpophages se justifiaient et si la formule s'est révélée globalement satisfaisante, cela n'a pas été le cas dès lors que d'autres ravageurs à l'éthologie différente étaient pris en considération, en particulier les insectes piqueurs-suceurs dont *A. gossypii*.

En effet, après les arsénates de plomb et de calcium en solution savonneuse utilisés autrefois, l'arsenal de produits phytosanitaires se développait et, en Afrique comme ailleurs, de nouvelles matières actives — comme l'endrine, l'endosulfan ou, plus tard, le carbaryl — apparaissaient sur le marché et étaient utilisées, en association ou non avec le DDT (ANGELINI et VANDAMME, 1965). Ces produits étaient appliqués selon la technique « conventionnelle », à raison de 100 litres de bouillie à l'hectare. Les pyréthrinoides leur ont succédé à la fin des années 70, la deltaméthrine faisant son apparition pour la première fois, au Pérou, en 1976. Ces produits exceptionnellement efficaces contre les chenilles de la capsule, d'une grande sécurité et d'une faible toxicité pour l'homme, ont été généralement épandus selon la technique UBV (ultra bas volume), à raison d'un à trois litres de formulation huileuse par hectare (CAUQUIL, 1987). Quatre à sept traitements étaient ainsi appliqués, espacés de sept à quatorze jours, le premier étant déclenché entre les 45^e et 75^e jours après la levée (CAUQUIL, 1985).

A ce stade, les deux constatations suivantes peuvent être faites.

- Tout d'abord, les périodes critiques de sensibilité de la plante aux deux types de ravageurs évoqués ne coïncident pas. Le puceron *A. gossypii* est essentiellement présent avec des niveaux de population élevés et se montre donc dommageable durant le premier mois qui suit la levée : on peut alors enregistrer des pertes de rendement sensibles. Une seconde période critique se situe en fin de cycle cultural, entre l'ouverture des capsules et la récolte, au cours de laquelle il y a risque de collage de la fibre.

- En second lieu, les insecticides utilisés pendant de nombreuses années au cours de la campagne cotonnière contre divers ravageurs (chenilles phyllophages ou carpophages et les punaises, par exemple) n'ont pratiquement aucune action aphicide (CAUQUIL et VINCENS, 1982), que ce soit l'arséniate de

calcium (SLOSSER *et al.*, 1989), les associations endrine-DDT ou endosulfan-DDT (CAUQUIL *et al.*, 1982), ou encore les pyréthriinoïdes (DELATTRE, 1978 ; RENOU et ASPIROT, 1984 ; SLOSSER *et al.*, 1989 ; EKUKOLE, 1989 ; SILVIE, 1989 ; LESER *et al.*, 1992 ; NIMBALKAR *et al.*, 1993 ; PLAPP, 1993).

Par ailleurs, la technique d'application est également inadaptée. Ainsi CAUQUIL *et al.* (1982) considèrent que la pulvérisation effectuée au moyen d'appareils à dos à rampe horizontale ne permet pas d'atteindre avec assez d'efficacité la base du cotonnier où se localisent préférentiellement — nous l'avons vu — les pucerons, lors de certaines phases du cycle végétatif de la plante. Ce que confirment divers autres auteurs, en particulier pour la technique UBV [LEDERMAN (1987) et OUDINOT (1988) au Cameroun, DEGUINE (1989) au Tchad, ou encore SILVIE (1989) en Côte d'Ivoire à propos de l'acarien *Polyphagotarsonemus latus* Banks], la face inférieure des feuilles situées dans les parties basses et médianes des plantes où évoluent ces ravageurs n'étant pas touchée par le produit. Mais, si les produits efficaces sur les insectes carpophages et non sur les pucerons étaient appliqués avec une technique inappropriée pour les ravageurs piqueurs-suceurs, l'utilisation de ces mêmes produits, et notamment des pyréthriinoïdes, a conduit à la destruction de nombreux ennemis naturels des pucerons et, dans certains cas, à des pullulations inattendues d'*A. gossypii* qui auraient pu être ralenties ou parfois contenues par ces auxiliaires (NEWSOM et SMITH, 1949 ; AHMED *et al.*, 1954 ; GAINES, 1954 ; DELATTRE, 1973 ; EASTOP, 1977b ; CAUQUIL et VINCENS, 1982 ; SILVIE, 1989 ; SLOSSER *et al.*, 1989 ; DARWISH et FARGHAL, 1990 ; KERNS et GAYLOR, 1991 ; LESER *et al.*, 1992 ; KERNS et GAYLOR, 1993 ; PLAPP, 1993 ; EL-MAGHRABY *et al.*, 1994).

Enfin, dans cette évolution signalée en commençant, il faut aussi tenir compte du phénomène de résistance apparu dans de nombreux pays à la suite de l'utilisation répétée des mêmes matières actives appliquées à une cadence rapide. Cela a d'abord concerné les produits organochlorés (ROUSSEL et CLOWER, 1955 ; BRAZZEL, 1963), puis les organophosphorés (WOLFENBARGER *et al.*, 1973 ; REYNOLDS *et al.*, 1975), enfin, plus récemment, les pyréthriinoïdes (GUNNING *et al.*, 1984).

Des phénomènes de résistance chez *A. gossypii* ont été signalés sur cotonnier dès 1964 par GHONG *et al.*, en Chine, vis-à-vis du déméton, puis sur diverses plantes dans différentes régions du monde (FURK *et al.*, 1980 ; KHALID et AL-ZARARI, 1982 ; KHODZAEV *et al.*, 1985 ; JIANGO *et al.*, 1987 ; ISHAAYA et MENDELSON, 1987 ; TAKADA et MURAKAMI, 1988 ; HAMA et HOSADA, 1988 ; SAITO, 1989 ; FURK et VEDJHI, 1990 ; GUBRAN *et al.*, 1992). Mais c'est essentiellement à la fin des années 1980 que ce problème a pris de l'ampleur sur cotonnier aux Etats-Unis (KING *et al.*, 1987 et 1988 ; KING et PHILLIPS, 1989 ; SLOSSER *et al.*, 1989 ; O'BRIEN *et al.*, 1990 et 1992a ; REED et GRANT, 1991 ; GRAFTON-CARDWELL, 1991 ; GRAFTON-CARDWELL *et al.*, 1992 ; KERNS et GAYLOR, 1992 ; HARDEE, 1993 ; HARDEE et AINSWORTH, 1993) et qu'il y a été largement étudié sous ses divers aspects.

En revanche, c'est plus tardivement qu'une diminution de la sensibilité au champ d'*A. gossypii* est suspectée au Cameroun (DEGUINE, 1995a), confirmant ainsi le constat fait par AMIOT (1993) dans des études de DL50, alors que, selon BENNETT et DU TOIT (1993), la faible efficacité des traitements constatée dans certaines régions d'Afrique du Sud ne paraît pas due à un problème de résistance.

Enfin, notons que les conditions d'élevage sur la plante hôte peuvent influencer sur l'apparition de la résistance (HOSODA *et al.*, 1993 ; McKENZIE et CARTWRIGHT, 1994 ; FUSON *et al.*, 1995), comme ont pu le noter divers auteurs au laboratoire.

UNE PREMIERE ÉVOLUTION : LA LUTTE CHIMIQUE CONSEILLÉE

Face à cette situation caractérisée par des difficultés croissantes dans la protection du cotonnier contre ses divers ravageurs, les praticiens et les sociétés de développement, aidés par les autres acteurs de la filière (préconisateurs, chercheurs et firmes phytosanitaires) ont dû s'adapter et rechercher des solutions. Dans le cadre de la lutte contre *A. gossypii*, cette adaptation a essentiellement porté, dans un premier temps, sur une meilleure prise en considération de la biologie de l'insecte et de ses périodes de nuisibilité. Deux périodes de risque — nous l'avons vu — sont en effet à considérer : en début et en fin de cycle végétatif. Le choix des matières actives à utiliser, de la fréquence des traitements, des techniques d'application et des formulations a constitué l'autre volet de cette adaptation.

La protection en début de cycle peut être réalisée selon trois modalités : en traitement de semences, par épandage de granulés ou par applications foliaires.

Dans la plupart des pays où ils sont réalisés, les traitements de semences, non délimités le plus souvent, se limitent à une désinfection fondée sur l'application, après égrenage, d'une association fongicide-insecticide de contact. Il s'agit en fait de protéger la semence d'une part contre les ravageurs des stocks ainsi que contre les insectes souterrains et les iules (myriapodes) et, d'autre part, contre les pathogènes présents sur les téguments ou dans le sol et susceptibles d'infester la semence, au moment du semis ou lors de la germination et de la levée (GIRARDOT, 1992b).

En Afrique francophone au sud du Sahara, les matières actives insecticides utilisées par le passé pour certains ravageurs ou préconisées aujourd'hui pour d'autres, ont une action soit de contact (diazinon, dieldrine, heptachlore et lindane) soit systémique (acéphate, acétamipride, benfuracarbe, carbofuran, carbosulfan, furathiocarbe, imidaclopride, isofenphos et thiodicarbe). On utilise alors des poudres dosées de 1 à 20 %, selon le cas, que l'on mélange aux graines. Pour l'imidaclopride, il s'agit d'une technique particulière, le pelliculage, qui est réalisé industriellement. CAUQUIL *et al.* (1978) ont autrefois souligné l'intérêt de cette technique pour limiter les populations précoces d'*A. gossypii*, technique encore parfaitement efficace et respectueuse de l'environnement (DEGUINE *et al.*, 1994).

L'épandage d'insecticides à propriétés systémiques sous forme de granulés peut être réalisé depuis le semis jusqu'à 10 à 20 jours après la levée. Cette technique a été étudiée et préconisée dans divers pays africains (CAUQUIL *et al.*, 1982 ; KHALIL et WATSON, 1983 ; EKUKOLE, 1992b), aux Etats-Unis (HARDEE et AINSWORTH, 1993) et surtout en Inde (BINDRA *et al.*, 1973 ; SWAMIAPPAN *et al.*, 1974 ; BORLE *et al.*, 1980 ; REGUPATHY et SUBRAMANIAM, 1980 ; KARUPPUCHAMY *et al.*, 1986). Parmi les diverses matières actives éprouvées (aldicarbe, carbofuran, disulfoton, furadan, furathiocarbe, isazophos, phorate et thiofanox), les plus efficaces sont l'aldicarbe et le carbofuran, appliqués sur le rang à la dose de 2,250 et 1,000 g/ha respectivement quinze à vingt jours après la levée (EKUKOLE, 1989 et 1992b) ; ils ont une rémanence de l'ordre d'une quarantaine de jours (REGUPATHY et SUBRAMANIAM, 1982). En revanche, et malgré leur efficacité et leur intérêt, ces produits ne peuvent être recommandés dans les conditions africaines, compte tenu notamment du coût du traitement, mais surtout en raison de leur toxicité particulièrement élevée (BUTLER *et al.*, 1988b ; EKUKOLE, 1989 ; AMIOT, 1990 ; PARKER et HUFFMAN, 1991). Selon HARDEE et O'BRIEN (1990), cette technique devait permettre de gérer, aux Etats-Unis, des problèmes de résistance à d'autres produits (bifenthrine et endosulfan) utilisés ultérieurement contre *A. gossypii*, ce qui n'a pas été vérifié en fait (HARDEE et AINSWORTH, 1993), bien au contraire.

Une troisième voie consiste à avoir recours aux applications foliaires. De tels traitements, réalisés à bas volume (BV) ou même à très bas volume (TBV), constituent une solution permettant de réduire effectivement les populations de pucerons, avant le début du programme de protection insecticide classique (DEGUINE, 1995a). Cette technique, qui consiste à appliquer 20 litres de bouillie par hectare, doit être réalisée avec le plus grand soin par des opérateurs particulièrement bien formés.

Les traitements foliaires effectués en milieu et en fin de cycle végétatif ont été attentivement étudiés, car ils sont systématiquement appliqués pour la protection du cotonnier contre les ravageurs carpophages.

La période de protection couvre la phase fructifère du cycle végétatif du cotonnier, c'est-à-dire du 45^e jusqu'au 115-125^e jour après la levée. Les traitements foliaires précoces ont montré leur intérêt en République centrafricaine, en complément d'une protection des semences dont ils prenaient le relais, pour maintenir à un niveau admissible les populations précoces d'*A. gossypii* (CAUQUIL *et al.*, 1978). Des traitements réalisés après l'ouverture des capsules ont également été recommandés au Cameroun, pour réprimer les populations importantes d'insectes piqueurs-suceurs, pucerons et aleurodes, mais, leur efficacité n'étant pas convaincante, la préconisation a été rejetée (RENOU et DEGUINE, 1992).

Ces traitements foliaires peuvent être réalisés soit à l'aide de matériels volants utilisant différents types d'aéronefs (hélicoptère, avion ou ULM) comme aux Etats-Unis et au Soudan, ou tractés comme dans certains pays africains où on a recours à des canons autotractés. Mais ces différents matériels sont loin de donner satisfaction et ils sont en outre peu adaptés à la lutte contre *A. gossypii*.

Les techniques d'application utilisant des appareils terrestres ont considérablement évolué en Afrique francophone (CAUQUIL, 1985) ou anglophone (ESENBO, 1975 ; KING, 1976 ; JOHNSTONE et HUNTINGTON, 1977 ; MATTHEWS, 1989b). En Afrique centrale (Cameroun, République centrafricaine et Tchad), diverses techniques d'application ont été expérimentées, pré vulgarisées ou vulgarisées dans les conditions du petit paysannat : une technique « conventionnelle » décrite par CAUQUIL *et al.* (1978), la technique UBV ou ultra bas volume (CADOU, 1974 ; CAUQUIL, 1987 ; DEGUINE, 1988), la technique TBV ou très bas volume (DEGUINE, 1989 ; DEGUINE et ASFOM,

1989), l'« Electrodyn » (SMITH, 1988 et 1989), l'atomisation (DEGUINE *et al.*, 1989) et la thermonébulisation (DEGUINE, 1990) (tableaux 14 et 15).

Bien que d'efficacité relativement médiocre dans la lutte contre *A. gossypii*, la technique TBV présente un certain nombre d'avantages dans la conjoncture actuellement difficile de la filière coton. D'une part, elle permet de réduire les coûts, car elle peut être utilisée avec toutes sortes de matières actives parmi lesquelles l'agriculteur peut choisir le produit le mieux adapté et, d'autre part, elle se prête à une utilisation dans le cadre d'une lutte raisonnée, comme nous le verrons plus loin. Il n'est donc pas étonnant que cette technique connaisse actuellement un développement rapide dans toute la zone cotonnière d'Afrique subsaharienne.

Avec la multiplication des expérimentations de lutte chimique menées dans tous les pays concernés, des tables, des répertoires et des documents pratiques précisant l'efficacité (tableau 16) et la sélectivité des différentes matières actives aphicides ont été établis (CAUQUIL *et al.*, 1982 et 1983 ; MENOZZI *et al.*, 1987 ; EKUKOLE, 1989). Excepté la biphenthrine, les pyréthrinoïdes se révèlent inefficaces contre *A. gossypii* (RENOU et CHENET, 1988), ce qui a conduit à recommander d'associer des produits aphicides (notamment des esters phosphoriques) aux pyréthrinoïdes généralement appliquées à cette époque contre les insectes carpophages, comme nous l'avons vu en commençant.

Hors Afrique francophone, de nombreuses publications traitent de ces aspects. En particulier, des informations précieuses peuvent être tirées des travaux de BODHADE *et al.* (1987), PAWAR *et al.* (1989) et SATPUTE *et al.* (1989) en Inde, de NDERITU et MUEKE (1986) au Kenya, de HASSAN *et al.* (1974) et KHALIL et WATSON (1983) en Egypte et de MOHAMED *et al.* (1993) enfin au Soudan. Diverses autres contributions présentées dans le cadre des *Beltwide Cotton Conferences*, aux Etats-Unis (JOHNSON et STUDEBAKER, 1991 ; KNABKE *et al.*, 1995 ; NGO *et al.*, 1995), constituent également une source de résultats appréciables.

La rémanence des produits utilisés a également conduit les préconisateurs à proposer des programmes de traitements où la fréquence des applications est passée de sept à dix jours dans un premier temps, puis à quatorze jours. C'est actuellement la règle dans la presque totalité des pays africains.

En revanche, une méthode de protection « dose-fréquence » a été mise au point au Tchad (ASPIROT et MENOZZI, 1985 ; DEGUINE et SILVIE, 1988), puis vulgarisée au Cameroun (GAUDARD, 1990) et au Tchad. Dans ce cas, les traitements sont réalisés à dose réduite (1/3-1/4) par rapport à la dose normale

TABLEAU 14

Caractéristiques des techniques d'application testées ou vulgarisées en Afrique centrale.

Technique	Appareil	Energie	Principe	Rangs traités	Débit(l/ha)	Formulation
Conventionnelle	à dos	manuelle	pulvérisation	2	60 à 150	EC
UBV	à main	pires	micronisation	5 ou 6	1 à 3	UL
TBV	à main	pires	micronisation	3	10	EC
Electrodyn	à main	pires	répulsion	2	0,6	ED
Atomisation	à dos	moteur	atomisation	10 ?	10 à 100	EC
Thermonébulisation	à main	moteur	nébulisation	8 à 20	5 à 10	EC

UBV: ultra bas volume ; TBV: très bas volume ; EC: émulsion concentrée ; UL: ultra low (formulation huileuse) ; ED: Electrodyn

TABLEAU 15

Comparaison des techniques d'application testées ou vulgarisées en Afrique centrale.

Technique	Efficacité contre <i>A. gossypii</i>	Risque d'intoxication des utilisateurs	Adaptation aux conditions	Utilisation en lutte raisonnée	Coût
Conventionnelle	++ ou +++ (*)	réel	faible	possible	moyen
UBV	+	réel	bonne	impossible	moyen
TBV	+	réel	bonne	possible	moyen
Electrodyn	+ ou +++ (*)	élevé	faible	impossible	?
Atomisation	+++	élevé	faible	possible	élevé
Thermonébulisation	?	très élevé	nulle	possible	élevé

+ : pas efficace ; ++ : assez efficace ; +++ : très efficace ; (*) : selon la masse végétative des cotonniers

d'utilisation (parfois différente de la dose préconisée par la firme ou homologuée sur d'autres cultures), l'intervalle entre deux applications étant ramené à 7 jours. Déjà générateur d'économies, ce programme s'est révélé performant et fiable dans la lutte contre *A. gossypii*. Il permet en outre de ménager la faune auxiliaire et d'améliorer la sélectivité des insecticides (VAN EMDEN, 1988 ; WILES et JEPSON, 1995). Ce programme doit être considéré comme un premier stade d'évolution dans la mise en œuvre d'une véritable lutte intégrée en culture cotonnière. Mais le passage intermédiaire par l'étape de la lutte (chimique) « raisonnée » se révèle indispensable.

UNE DEUXIEME ÉVOLUTION : LA LUTTE RAISONNÉE

Cette conception de la lutte consiste à utiliser les seuls moyens chimiques, mais en tenant compte des préceptes de la lutte intégrée : estimation des risques encourus par la culture selon la phénologie de la plante, référence à des seuils de tolérance, choix des produits à moindre incidence écologique, notamment.

Dans l'application de ce concept à la culture cotonnière, la première donnée à prendre en considération est la période de protection. Nous avons déjà décrit trois périodes principales : en début de cycle végétatif, l'objectif est de lutter contre une infestation précoce du puceron afin d'éviter une perte de production ; dans le courant de la saison cotonnière, au cours duquel sont habituellement effectuées les applications foliaires dirigées contre d'autres ravageurs, on cherche à maintenir les populations au-dessous du seuil de tolérance ; en fin de cycle, il s'agit de réprimer les populations aphidiennes responsables du collage de la fibre.

Protection en début de cycle

En Afrique subsaharienne, ce sont les semis tardifs qui sont les plus pénalisés par une infestation au stade plantule : les cotonniers portent des feuilles crispées et sont ainsi retardés dans leur croissance.

Mais cette situation n'est pas généralisable et il est des cas où une protection des semis précoces contre *A. gossypii* n'est pas nécessaire. Par exemple, au Soudan, STAM *et al.* (1994) estiment qu'une intervention ne se justifie pas pendant les deux premiers mois qui suivent la levée, tant que 30 % des plantes n'hébergent pas de pucerons. En revanche, en Chine, MU *et al.* (1993) ont placé les seuils d'intervention à 8 et 20 % de plantes présentant des feuilles crispées en début de cycle végétatif, lorsque les cotonniers ont respectivement une à trois feuille(s) et quatre à sept feuilles.

Si l'on excepte ces traitements foliaires très précoces, la protection de la plantule, après le traitement de la graine, est une conception qui prend de plus en plus d'importance, actuellement, dans le cadre d'une lutte raisonnée (GIRARDOT, 1992b). Des essais récents montrent en effet qu'une protection satisfaisante du cotonnier peut être assurée au cours du premier mois de son développement, à la suite d'un traitement des semences (enrobage, poudrage ou pelliculage) avec des produits aphicides systémiques (DEGUINE, 1992). Il existe en effet une gamme variée de produits disponibles pour cet usage et appartenant à différentes familles chimiques, mais dont il faudra faire le choix en fonction de leur toxicité et de leurs répercussions sur la faune utile. Actuellement, l'apparition de matières actives appartenant à de nouvelles familles chimiques comme l'imidaclopride, insecticide systémique à base de chloronicotinyl (COURBON, 1992), permet d'envisager une amélioration de l'efficacité des traitements de semences (GIRARDOT, 1992b ; SELIM et EMAM, 1993 ; DATKHILE *et al.*, 1994 ; SHIOKAWA *et al.*, 1994) due également à un perfectionnement des procédés d'enrobage tels que le pelliculage (RENSING et SZTOR, 1992 ; VILLEROY, 1992).

La mise en œuvre de ces nouvelles techniques permet ainsi de retarder la première application foliaire de 35 à 40 jours par rapport à une désinfection classique, ce qui est évidemment favorable aux ennemis naturels (CAQUIL, 1992a) et permet de les préserver.

Si les traitements en début de cycle sont conseillés par exemple en Afrique subsaharienne, ils sont considérés comme superflus dans d'autres régions cotonnières. Ainsi, aux Etats-Unis, O'BRIEN *et al.* (1991) considèrent qu'il n'est pas nécessaire de lutter contre *A. gossypii* avant l'apparition de la première fleur. De même, en Chine, ZHANG et CHEN (1991) estiment que la protection des jeunes cotonniers vis-à-vis des infestations en début de cycle ne se justifie pas, en raison d'une part des possibilités de compensation de la plante et, d'autre part, des risques de compromettre l'action des ennemis naturels présents dans les colonies de pucerons à cette époque.

Protection en milieu de cycle

Des seuils de tolérance ont été établis dans différents pays vis-à-vis de plusieurs ravageurs du cotonnier, dont *A. gossypii*, afin de n'effectuer des applications chimiques que s'il y a risque de dégâts économiquement sensibles, et ainsi de raisonner la lutte.

Au Zimbabwe, BRETELL (1988) considère 24 cotonniers pour 20 hectares, sur chacun desquels il observe trois feuilles, une dans la partie apicale et deux dans la zone médiane. Les pucerons présents sur ces feuilles sont dénombrés et une cote est attribuée en fonction des effectifs selon l'échelle suivante : 0 (pas de pucerons), 1 (1 à 10 pucerons), 2 (11 à 30 pucerons), 3 (plus de 30 pucerons). On fait la somme des indices et on la compare au seuil de tolérance indicatif fixé à 48 ; ce chiffre est ramené à 36 en période de sécheresse. La décision de traiter ou de ne pas traiter est alors prise. Cette technique est voisine de celle proposée par LECLANT et MILAIRE (1975) pour *M. persicae*, en verger de pêcher, et décrite dans la brochure de l'Association de coordination technique agricole (1979) mais, dans ce cas, on fait aussi intervenir la notion de fréquence d'infestation.

En Israël, BROZA (1986) propose d'observer vingt plantes sur une diagonale du champ ; il considère que le seuil économique est atteint lorsqu'au moins 25 % des cotonniers sont infestés par une colonie d'*A. gossypii* sur l'une des quatre feuilles terminales. D'autres auteurs définissent des seuils variables selon le stade phénologique de la plante, ce qui est fréquemment le cas pour d'autres cultures et ravageurs. Ainsi GAO (1987), en Chine, considère que la sensibilité du cotonnier décroît au fur et à mesure que le cotonnier se développe et propose des seuils de tolérance de 30 à 50 pucerons par feuille en début de cycle végétatif, de 80 pucerons en milieu et de 200 pucerons en fin de cycle, sans préciser les modalités de l'échantillonnage, comme par exemple le nombre de plantes observées par unité de surface. Aux Etats-Unis, FUSON *et al.* (1995) conseillent de tenir compte non seulement de l'intensité de l'infestation mais aussi du temps pendant lequel les plantes sont infestées, et proposent comme critère le nombre de pucerons pendant un certain nombre de jours. En Afrique francophone au sud du Sahara, le programme vulgarisé sous le nom de LEC (lutte étagée ciblée) (DEGUINE *et al.*, 1993) est une amélioration certaine par rapport aux programmes de traitement préconisés jusqu'alors, et constitue un pas vers la lutte intégrée. La LEC consiste à adapter les modalités des applications foliaires en fonction de l'entomofaune déprédatrice présente ; d'abord par le choix des matières actives selon les ravageurs cibles dominants, ensuite par le choix des doses d'application selon la pression des ravageurs (niveaux de population). C'est encore un programme sur calendrier, dans lequel cinq à sept applications espacées de 14 jours sont réalisées selon la technique TBV, la première se situant 45 jours après la levée. Elle comporte un traitement de base obligatoire en TBV à 10 l/ha avec un insecticide à dose réduite. Puis des observations et des comptages portant sur les ravageurs présents sont réalisés entre deux traitements et si le seuil de tolérance indicatif — parfois variable selon les pays concernés et les écorégions — est dépassé, un traitement à dose réduite ou à pleine dose selon le cas est préconisé. Ce traitement est à réaliser le lendemain des observations.

Les observations concernant *A. gossypii* se font sur les cinq feuilles terminales bien développées de 25 cotonniers, choisis au hasard sur une diagonale de la parcelle. Dans l'application pratique de la LEC, il existe deux seuils pour ce puceron : l'un au-dessous duquel il n'est pas nécessaire du tout de réaliser un traitement et un autre au-dessous duquel on traite à demi-dose. Si ce second seuil est dépassé, la pleine dose de matière active s'impose. Au Tchad, ces seuils de référence sont de 20 et 30 % de feuilles infestées (RENOU *et al.*, 1991). Au Cameroun, où ce programme est vulgarisé depuis 1991 (GAUDARD, 1992), les seuils varient en fonction du cycle végétatif de la plante dont la sensibilité évolue au cours de la saison (DEGUINE *et al.*, 1993). Pour les mêmes conditions d'échantillonnage que précédemment, ils sont respectivement de 15 et 25 % pour les deux premiers traitements (aux 45^e et 59^e jours après la levée) et de 30 et 50 % pour les traitements suivants. Ce programme raisonné se révèle généralement tout à fait adapté à la protection de la culture cotonnière ; il est économique et efficace, notamment vis-à-vis d'*A. gossypii* dans les conditions de l'Afrique subsaharienne. En revanche, SILVIE et SONIGBE (1993) au Togo ont enregistré des pertes de rendement de 164 kg de coton graine par hectare sur des parcelles où ce type de programme a été appliqué.

La recherche d'un bon compromis entre l'efficacité aphicide des produits recommandés et leur faible toxicité doit constituer l'un des principaux objectifs des prescripteurs. Par exemple, l'emploi du chlorpyrifos-méthyl (classe IV, Organisation mondiale de la santé) doit être préconisé à la place du chlorpyrifos-éthyl (classe II). En outre, il serait souhaitable de ne plus conseiller d'aphicides de la classe Ia et de leur substituer, mais là encore en insistant sur les précautions d'emploi, des produits classés Ib. Selon PINCHARD et CAUQUIL (1992), les matières actives les plus intéressantes en culture

TABLEAU 16

Efficacité aphicide et toxicité aiguë des matières actives utilisées ou testées en applications foliaires en culture cotonnière, en Afrique francophone au sud du Sahara.

Matières actives	Dose d'emploi (g/ha/traitement)	Efficacité contre <i>A. gossypii</i> ⁽¹⁾	Toxicité aiguë ⁽²⁾ (mg/kg)	Classement OMS ⁽³⁾
ORGANOPHOSPHORÉS				
acéphate	300-600	+++ (*)	945	III
azinphos-éthyl	1000	?	12	Ib
carbophénothion	360	?	32	Ib
chlorfenvinphos	500	?	10	Ia
chlorpyriphos-éthyl	250-280	++	135	II
chlorpyriphos-éthyl	450	+++	135	II
chlorpyriphos-méthyl	300-500	+++	3000	> III
chlorthiophos	350	?	9,1	Ia
dialiphos	600	++	145	II
diclorvos	500	?	56	Ib
diméthoate	250-400	+++	150	II
éthion	480-650	++	208	II
fénitrothion	300-500	+++	503	II
fenthion	500	?	271	Ib
heptenophos	700	++	96	Ib
isazophos	200-300	+++	60	Ib
isophenphos	300	+	28	Ib
isoxathion	250	++	112	Ib
isoxathion	350-450	+++	112	Ib
leptophos	500	?	50	Ia
malathion	400	++	c2100	
métamidophos	300	+++	30	Ib
méthidathion	300-500	?	25	Ib
monocrotophos	250-300	+++	14	Ib
ométhoate	300	+++	50	Ib
optunal	450	+++	?	?
oxydéméthion-méthyl	250	+++	65	Ib
parathion-éthyl	700	++	13	Ia
parathion-méthyl	300	+++	14	Ia
phosalone	250	++	120	II
phosphamidon	250	+++	7	Ia
profénofos	250	+	358	II
profénofos	450	++	358	II
prothiophos	600	+	925-966	II
prothoate	400	+++	8	Ia
pyridaphenthion	400	+	769	III
pyrimiphos-éthyl	500	+++	140	Ib
sulprofos	450	+	130	II
thiométhion	250	++	120	Ib
triazophos	250	+	82	Ib
triazophos	500	++	82	Ib
ORGANOCHLORÉS				
dicofol	500	++	c690	III
endosulfan	750	+	80	II
endrine	600	+	7	Ib
CARBAMATES				
aldicarbe	1000	+++	0,93	Ia

benfuracarbe	300	+++	138	Ib
butocarboxime	500	+++	158	Ib
carbosulfan	300-400	+++	250	II
méthomyl	200-400	?	17	Ib
pyrimicarbe	100-200	+	147	II
thiodicarbe	600-800	++ (*)	66	II

PYRÉTHRINOÏDES

alphacyperméthrine	15-18	+	79	II
bétacyfluthrine	9-12	+	450	II
biphenthrine	20-30	+++	c55	II
cyfluthrine	15	+	c250	II
cyhalothrine	30	+	c144	II
cyperméthrine	30-36	+	c250	II
cyperméthrine « high cis »	24-30	+	79	II
deltaméthrine	7,5-10	+	c135	II
esfenvalérate	20-30	+	c87	II
fenpropathrine	100	+	c66	II
fenvalérate	50-60	+	c450	II
flucythrinate	54	+	c67	Ib
lambdacyhalothrine	12-15	+	c56	II
tralométhrine	10-15	+	c85	II
zétaméthrine	12-15	+	c86	Ib

AUTRES FAMILLES

cyhexatin	500	?	540	III
éthoproxyfen	300	+	?	?
imidaclopride	50-100	+++ (*)	450	II
triazamate	100	+++	?	?

1. Efficacité contre *A.gossypii*
 +++ : bonne à excellente
 ++ : moyenne
 + : faible à nulle
 (*) : à confirmer
 ? : inconnue

2. Toxicité DL 50 (par ingestion pour le rat)
 c : intervalle de confiance non connu
 ? : inconnue

3. Classement OMS
 Ia : extrêmement dangereux
 Ib : très dangereux
 II : modérément dangereux
 III : peu dangereux
 > III : sans danger en usage normal
 ? : pas de référence

cotonnière en Afrique francophone subsaharienne pour les applications foliaires seraient le carbosulfan, le chlorpyrifos-éthyl, l'imidaclopride et, le cas échéant, le chlorpyrifos-méthyl et le diméthoate, tandis que le monocrotophos, l'ométhoate et le benfuracarbe notamment — bien que parmi les plus efficaces — seraient à rejeter en raison de leur très forte toxicité.

A côté des propriétés toxicologiques (toxicité aiguë) des produits, il convient également de tenir compte de leurs effets non intentionnels, en particulier sur les nombreux ennemis naturels qui évoluent dans la culture et se développent sur les divers ravageurs (SURULIVELU et KUMARASAMI, 1990 ; PATIL *et al.*, 1991 ; EL-GHANY *et al.*, 1992 ; BUTANI et MITTAL, 1995). Par exemple KERNS et GAYLOR (1991) aux Etats-Unis ont constaté que le parasitoïde *L. testaceipes* (Aphidiinae) arrivait à contenir les populations d'*A. gossypii*, dès qu'on limitait les traitements insecticides.

L'éventuelle synergie qui peut résulter de l'utilisation simultanée, en mélange, de deux produits (par exemple pyréthriné et organophosphoré) doit également être prise en considération, car cela peut justifier de réduire la dose de l'un des deux (VAISSAYRE, 1983 et 1989 ; LIU, 1992 ; PINCHARD et CAUQUIL, 1992). Dans un autre domaine, l'association raisonnée de matières actives présente parfois un intérêt pour gérer la résistance et retarder l'apparition de ce grave phénomène (SAWICKI, 1986), à condition de bien connaître les modes d'action précis des matières actives sur la cible, cellulaire ou moléculaire, et éviter ainsi les conséquences d'une résistance croisée. Par exemple, dans des essais en laboratoire réalisés aux Etats-Unis, DENHOLM *et al.* (1995) n'ont pas observé de résistance croisée au diafenthiuron et à la pymétozine chez des souches résistantes aux pyréthriné et aux organophosphorés. L'alternance des matières actives ou leur rotation dans une région donnée est une autre stratégie qui permet de gérer le phénomène de résistance. Elle est fondée sur la présomption d'une diminution de la fréquence d'individus résistants à un produit pendant l'application des autres, à

condition que certaines contraintes soient respectées. Cette technique a été appliquée avec succès au Zimbabwe vis-à-vis des acariens tétranyques et d'*Helicoverpa armigera* (BLAIR, 1986) ainsi qu'en Australie vis-à-vis de ce dernier ravageur (DALY et McKENZIE, 1986 ; SAWICKI et DENHOLM, 1987). Cette technique, dite de la « fenêtre », a été préconisée en Afrique (PINCHARD et CAUQUIL, 1992) pour *A. gossypii* : elle consiste à utiliser un carbamate (carbosulfan) en début de saison cotonnière, puis un organophosphoré et, en fin de campagne, de nouveau un carbamate ou, plutôt, un nicotynyl (imidaclopride).

Protection en fin de cycle

La lutte chimique visant à limiter les infestations de fin de campagne s'est révélée inefficace dans de nombreux pays. Au Cameroun par exemple, l'application d'aphicides systémiques en « side-dressing » permet bien de réduire les populations d'*A. gossypii* pendant quelques semaines (RENOU *et al.*, 1987), mais elle se révèle insuffisante pour prévenir le problème des cotons collants. Cette pratique est par ailleurs trop dépendante des conditions de culture. De même, les applications foliaires tardives d'aphicides ne font que retarder l'explosion des populations et, dans la majorité des situations, elles se révèlent, elles aussi, peu efficaces (DEGUINE, 1992).

En résumé, la lutte chimique à l'aide d'aphicides ne semble pas la voie la plus pertinente pour empêcher le collage de la fibre.

UNE TROISIEME ÉVOLUTION : LA LUTTE INTÉGRÉE

La lutte intégrée, définie aussi par le terme plus approprié de protection intégrée, est un procédé de lutte contre les organismes nuisibles. Elle satisfait à la fois aux exigences écologiques, économiques et toxicologiques, tout en réservant la priorité à la mise en œuvre délibérée d'éléments naturels, afin de limiter des populations, et en respectant les seuils de tolérance (Organisation internationale de lutte biologique contre les animaux et les plantes nuisibles, 1977). Elle fait aussi appel à plusieurs procédés de lutte judicieusement associés. La mise en œuvre du concept d'*integrated pest management* ou IPM est déjà largement répandue en culture cotonnière dans différentes régions, en particulier aux Etats-Unis (HARDEE et O'BRIEN, 1990 ; LESER *et al.*, 1992 ; GRAVES *et al.*, 1993 ; HARDEE, 1993 ; NORMAN *et al.*, 1993), mais aussi en Asie (INGRAM *et al.*, 1989) ou en Afrique (KISS, 1991 ; ZETHNER, 1995). Divers aspects concernant cette approche de la protection phytosanitaire ont, en outre, été développés dans plusieurs synthèses (BOTTRELL et ADKINSON, 1977) et ouvrages récents (FRISBIE *et al.*, 1989 ; GREEN et de B. LYON, 1989 ; MATTHEWS et TUNSTALL, 1994 ; MENGECH *et al.*, 1995).

Ainsi, à la lutte chimique raisonnée, présentée précédemment, peuvent être associés des moyens biologiques, biotechniques et agrotechniques, mais aussi des mesures phytotechniques de façon à réguler les populations.

Moyens biologiques

Si certains champignons entomopathogènes ont été utilisés pour limiter les populations d'*A. gossypii* en serre, sur chrysanthème et concombre notamment (SHIMAZU, 1977 ; HALL, 1982), aucun exemple n'est cité en culture cotonnière alors que les épizooties naturelles y sont d'une remarquable efficacité (SILVIE et PAPIEROK, 1991 ; STEINKRAUS *et al.*, 1991, 1992 et 1993 ; DEGUINE, 1992). Des tentatives de lutte microbiologique avec des conidies de *Neozygites fresenii* ont toutefois été effectuées aux Etats-Unis par STEINKRAUS et ROSENHEIM (1995), avec pour résultat une plus grande proportion de pucerons mycosés dans les parcelles traitées par rapport aux témoins non traités, cinq jours après l'application.

Excepté quelques tentatives sur *Citrus*, c'est essentiellement en serre que de nombreux travaux de lutte biologique contre *A. gossypii* ont été réalisés à l'aide d'entomophages. Différentes espèces ont ainsi été éprouvées, en particulier la cécidomyie prédatrice *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (VAN LENTEREN et WOETS, 1988 ; VAN SCHELT *et al.*, 1990) et, surtout, des hyménoptères Aphidiinae et Aphelinidae. Les études menées sur ces parasitoïdes par divers auteurs (CARVER, 1984 ; BHATT et SINGH, 1991b ; VAN STEENIS, 1992, 1993, 1994 et 1995 ; VAN TOL et VAN STEENIS, 1994 ; VAN STEENIS et EL-KHAWASS, 1995a et 1995b) ont essentiellement concerné la gamme d'hôtes et les relations

tritrophiques, l'efficacité des différentes espèces selon leur potentiel biotique et leur capacité de recherche de l'hôte en fonction des facteurs du milieu.

Sur cotonnier, il s'est agi essentiellement d'une lutte biologique par conservation du potentiel d'auxiliaires naturellement présents dans l'écosystème. Actuellement, les études portent sur une meilleure connaissance des relations bi ou tritrophiques qui lient les différents organismes au sein de la biocénose ainsi que sur l'influence des facteurs biotiques et abiotiques (KING *et al.*, 1987 ; SLOSSER *et al.*, 1989 ; ROSENHEIM et WILHOIT, 1993 ; BALASUBRAMANI et SWAMIAPPAN, 1994 ; WEATHERSBEE et HARDEE, 1994).

Mesures agrotechniques

Les mesures agrotechniques sont, pour le moment, autrement prometteuses. Comme cela a été montré pour d'autres plantes (BOOKER, 1963 ; A'BROOK, 1964, 1968 et 1973a ; POTTS et GUNADI, 1991), diverses mesures culturales ont été reconnues efficaces. Ce sont notamment le semis, l'apport d'engrais et la récolte précoce (RASMY et HASSIB, 1974 ; EL-FATTAH, 1975 ; VIERA *et al.*, 1983 ; SLOSSER *et al.*, 1989 ; GOZÉ, 1990 ; GAHUKAR, 1991 ; DEGUINE, 1992 ; EKUKOLE, 1992b). D'autres possibilités peuvent être envisagées dans certaines conditions. Il est par exemple possible d'associer le cotonnier à d'autres cultures, comme cela a été réalisé avec succès en Chine (WU, 1986). DONG *et al.* (1992) observent en outre une réduction de l'incidence des pucerons sur le cotonnier lorsque celui-ci est planté en association avec la pastèque cultivée sur film plastique, ce qui diminue l'attraction des individus ailés (SMITH et WEBB, 1969 ; LECLANT, 1982 ; QUIOT *et al.*, 1982).

Enfin, diverses mesures culturales actuellement à l'étude, comme l'éêtage des plantes ou leur défoliation chimique en fin de cycle végétatif, pourraient présenter un certain intérêt (EKUKOLE, 1992a ; DEGUINE, non publié). Ces techniques ne sont pas nouvelles. En effet, déjà en 1937, HENRARD préconisait un écimage rationnel des cotonniers pour éliminer les pucerons, pratique dont BRIXHE (1949) confirmait l'utilité en Afrique centrale. Cet écimage peut être décidé en fonction du niveau d'infestation évalué à la suite d'un échantillonnage séquentiel des plantes, comme le propose DEGUINE (1995a). Notons que certaines variétés se défolient plus rapidement que d'autres, mais ce caractère lié au cultivar n'a pas montré d'intérêt particulier (SILVIE et DEGUINE, 1987).

Mesures phytotechniques

Parmi les mesures phytotechniques qui peuvent être appliquées pour limiter les populations d'*A. gossypii*, la recherche et la mise au point de variétés résistantes constituent une approche élégante pour résoudre le problème.

Les mécanismes par lesquels cette résistance s'exerce sont multiples. Elle peut reposer sur des caractéristiques physiques ou morphologiques mais aussi biochimiques ou physiologiques de la plante ; elle peut en outre se manifester par antixénose au moment de la reconnaissance et de la colonisation de l'hôte, ou par antibiose en causant la mort du ravageur, ou en influant sur son potentiel biotique. Elle peut enfin concerner directement le ravageur, ou agir indirectement en influant sur l'un des éléments de l'écosystème.

Ainsi, le caractère plus ou moins pileux des feuilles a souvent attiré l'attention des chercheurs. Sur le cotonnier, on constate que plus la pilosité des feuilles est abondante, plus les infestations d'*A. gossypii* sont élevées (DUNNAM et CLARK, 1938 ; MAY, 1951 ; POLLARD et SAUNDERS, 1956 ; KHALIFA et SHARAF EL-DIN, 1964 ; ULLAH, 1979 ; CASTELLA *et al.*, 1992 ; WEATHERSBEE et HARDEE, 1993 et 1994 ; WEATHERSBEE *et al.*, 1995). L'explication la plus souvent avancée est une gêne occasionnée par les poils dans les mouvements et déplacements des prédateurs, notamment pour les larves de syrphes à la recherche de leurs proies. Selon les observations de VAISSAYRE (1970), qui a réalisé des élevages en laboratoire, le caractère glabre favoriserait les densités élevées du puceron et aurait, en conditions naturelles, un impact plus important sur les prédateurs que sur les pucerons ; en revanche, une pilosité foliaire élevée favoriserait de façon notable les parasitoïdes.

Parmi les autres caractères influant sur le taux de reproduction des ravageurs, il est bien établi que la forte teneur en gossypol de certains cultivars leur confère une résistance par antibiose à divers insectes à pièces buccales de type broyeur, dont *Heliothis*, mais aussi à quelques insectes piqueurs-suceurs, comme les mirides ou les jassides (EL-ZIK et THAXTON, 1989 ; WATSON, 1989). En revanche, vis-à-vis d'*A. gossypii*, les informations sont rares. BOTTGER *et al.* (1964) signalent la toxicité élevée du

gossypol pour ce puceron. Il faut toutefois indiquer que, dans l'expérimentation rapportée, conduite en laboratoire sans répétition, le produit est utilisé en solution acétique à 5 % et appliqué en pulvérisation sur de jeunes cotonniers ; si une mortalité de 100 % est certes observée sur la trentaine d'individus cagés sur les plantes, nous sommes très loin des conditions de la pratique pour considérer, par extrapolation, que les plantes riches en gossypol sont résistantes à ce puceron qui, de plus, puise sa nourriture dans le phloème !

D'autres caractères morphologiques intéressants ont été explorés. L'absence de nectaires extra-floraux, ou caractère *nectariless*, réduit l'attractivité de la plante pour les mirides et le ver rose, *Pectinophora gossypiella*. En revanche, il semble favoriser indirectement *A. gossypii* en limitant la présence des prédateurs, notamment les chrysopes (HENNEBERRY *et al.*, 1977 ; ADJEIMAAFO et WILSON, 1983). Les cultivars portant des feuilles de type okra hébergent des populations moins importantes d'aleurodes que les variétés classiques (KHALIFA et GAMEEL, 1983), par suite de la réduction de la surface foliaire colonisable ; ils se révèlent également intéressants pour les mêmes raisons vis-à-vis d'*A. gossypii* (DEGUINE, 1995b). Mais, surtout, les insecticides pénètrent mieux dans la canopée et peuvent ainsi atteindre plus aisément la face inférieure des feuilles dont la surface est réduite d'environ 40 %. En outre, la lumière pénétrant mieux, le microclimat au niveau des feuilles basales et centrales de la plante est également modifié, avec une augmentation sensible de la température et de la siccité. Ainsi, on peut penser que les insectes qui occupent de façon privilégiée cet habitat à certains moments du cycle végétatif (CAUQUIL *et al.*, 1982) sont affectés et n'expriment pas complètement leur potentiel biotique.

En résumé, il ne semble pas que la résistance du cotonnier aux pucerons ait été une priorité des généticiens en matière de recherche, ces insectes ayant été longtemps considérés comme des ravageurs mineurs (GANNAWAY, 1994). Les observations faites sur *A. gossypii* sont donc le plus souvent occasionnelles, sans que des programmes de recherche particuliers leur aient été consacrés, si ce n'est qu'à de très rares exceptions (WANG, 1993).

Conclusion

La protection du cotonnier contre les pucerons responsables du collage, telle qu'elle est aujourd'hui envisagée au Cameroun, constitue un exemple intéressant des recherches menées en application du concept de protection intégrée, la lutte directe à l'aide d'insecticides chimiques classiques s'étant révélée inopérante.

D'autres types de produit ont certes été expérimentés ou sont préconisés. Il en est ainsi des insecticides d'origine végétale comme l'huile de neem, obtenue à partir d'*Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) (VENKATETAN *et al.*, 1987 ; DREYER et HELLAP, 1992), d'huiles de poisson (NATARAJAN *et al.*, 1991) ou encore d'huiles végétales (BUTLER *et al.*, 1988a et 1991). Mais leur efficacité est loin d'être satisfaisante et suffisante pour protéger le cotonnier contre les attaques d'*A. gossypii*, pas plus que l'addition d'adjuvants aux produits classiques qui permettrait, en améliorant le recouvrement et en augmentant la rémanence, de réduire de 50 % les doses de produit (MOUSTAFA *et al.*, 1990 ; FRENCH *et al.*, 1992). Enfin, des résultats prometteurs ont été obtenus sur *A. gossypii* en utilisant des dérégulateurs de croissance mimétiques de l'hormone juvénile (fénoxy-carbe et kinoprène). On observe alors une modification de la structure démographique de la population et le ralentissement du développement larvaire de l'insecte, ce qui conduit à une réduction notable de son potentiel biotique (SATO *et al.*, 1995).

Le recours à une lutte indirecte contre le puceron, en réduisant ou en supprimant son support alimentaire en fin de cycle végétatif, constitue alors une autre voie. Cela peut être réalisé chimiquement à l'aide de défoliants ou de régulateurs de croissance, manuellement par étêtage raisonné des plantes, ou encore en utilisant des variétés porteuses du caractère okra. Des semis précoces, protégés par traitement des semences à l'aide de produits systémiques ou par traitements foliaires avec des aphicides judicieusement choisis et appliqués en TBV complètent la panoplie des mesures à préconiser pour maintenir *A. gossypii* au-dessous du seuil de tolérance. Mais la mesure la plus efficace, bien que parfois difficile à mettre en œuvre et à faire admettre par l'agriculteur, est bien la récolte précoce et fractionnée. Cette opération permet de soustraire régulièrement la fibre aux souillures occasionnées par les déjections de pucerons qui se maintiennent sur la plante tant que la moindre parcelle de végétal encore verte du cotonnier hôte leur permet de s'alimenter.

REMERCIEMENTS

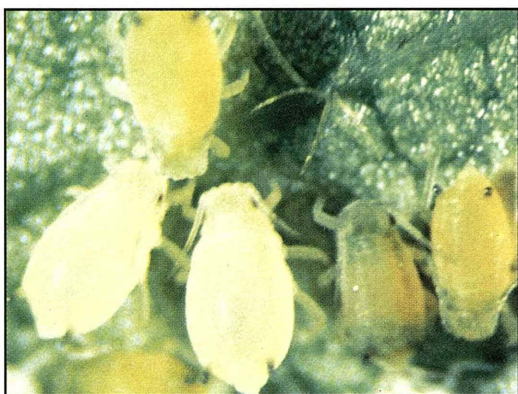
Les auteurs tiennent à remercier leurs collègues de l'unité de recherche entomologie appliquée du CIRAD-CA et plus particulièrement Jean CAUQUIL, Maurice VAISSAYRE, Jean-Paul BOURNIER et Pierre SILVIE pour leurs remarques, suggestions et compléments d'information. Les auteurs remercient également Henri-Pierre ABERLENC et Gérard DELVARE pour leur collaboration à l'établissement de la liste des ennemis naturels d'*A. gossypii*, Catherine REDORTIER pour la saisie du texte, Christine BOUTAVIN pour les relectures attentives et Danielle FRYDRYCH pour la mise en forme et l'édition.

Les photographies sont de Jean-Philippe DEGUINE, excepté les photographies IVb et Va prises respectivement par Maurice VAISSAYRE et Jean-Claude STREITO.

PLANCHE I
DIFFÉRENTS STADES ET FORMES D'*A. GOSSYPII*



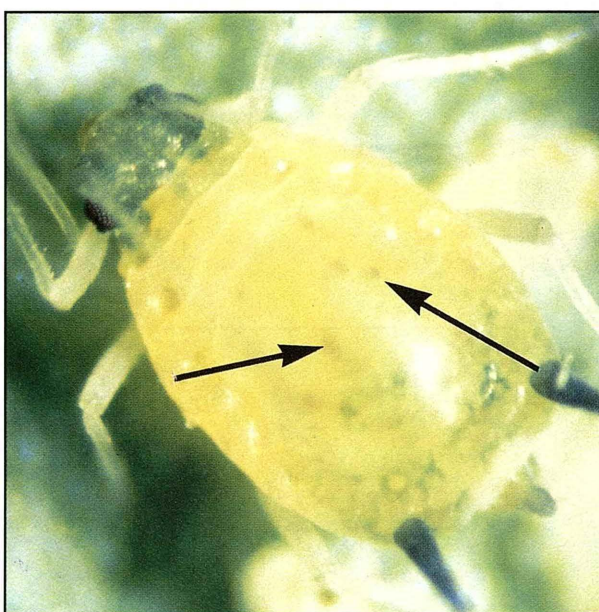
a. Larves du 1^{er} stade L1 (x 70)



b. Larves aptères des 3^e et 4^e stades L3-L4 (x 35)



c. Larve à ptérophèques du 4^e stade N4 (x 45)



d. Adulte aptère A0 (x 70) (les yeux des futures larves sont visibles par transparence)



e. Adulte ailé A1 (x 35)

PLANCHE II
QUELQUES ASPECTS BIOLOGIQUES D'*A. GOSSYPII*



a. Colonies en place sur la face inférieure d'une feuille de cotonnier (x 5) (noter la présence d'exuvies)



b. Puceron en situation de « détresse » émettant des substances d'alarme à l'extrémité des cornicules



c. Larves à ptérothèques (nymphes) en position de piqure et de succion (x 50)



d. Puceron achevant d'expulser son exuvie (x 50)



e. Adulte aptère et quelques descendants (x 15)

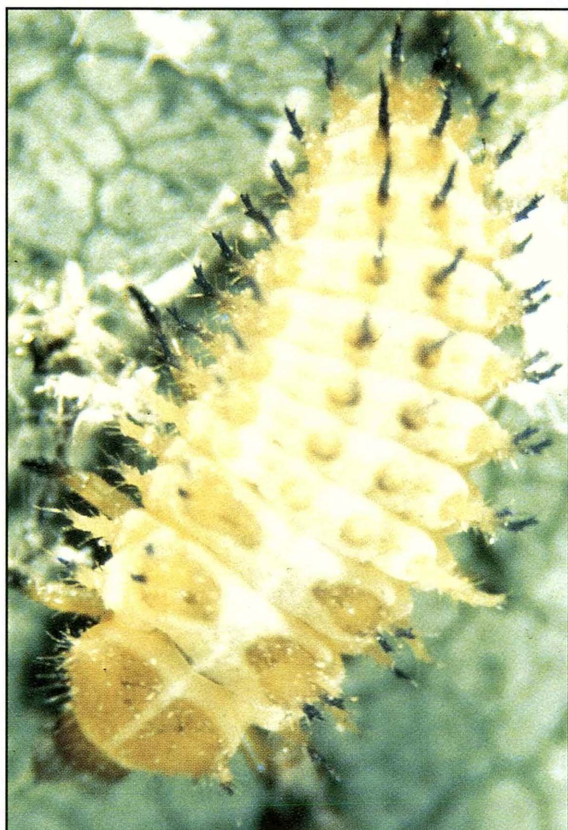
PLANCHE III
COCCINELLES PRÉDATRICES D'A. GOSSYPHII



a. Larve de *Cheilomenes vicina* (x 20)



b. Adulte de *C. vicina* (x 25)



c. Larve d'*Exochomus* sp. (x 30)



d. Larve de *Scymnus* sp. (x 20)



e. Larve de *Scymnus* sp.
dans une colonie de *Melanaphis sacchari*
sur sorgho (x 2)

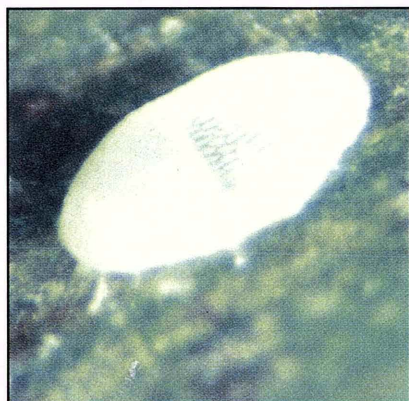
PLANCHE IV

SYRPHES PRÉDATRICES ET HYMÉNOPTÈRES PARASITOÏDES D'*A. GOSSYPHII*

a. Trace (excrément) laissée par la larve de dernier stade de syrphe avant pupaison (x 2)



b. Larve d'*Ischiodon aegyptius* dans une colonie d'*A. gossypii*



c. Œuf de syrphe (x 50)



d. « Momie » d'un puceron parasité par *Aphidius* sp. (x 30)



e. Pucerons parasités par *Aphelinus* sp. (x 30)

PLANCHE V
AUTRES PRÉDATEURS D'A. GOSSYPHII



a. Larve de *Chrysopa* sp. (x 5) ; sur cotonnier, on la rencontre souvent recouverte de débris divers d'où n'émergent que la tête et le thorax



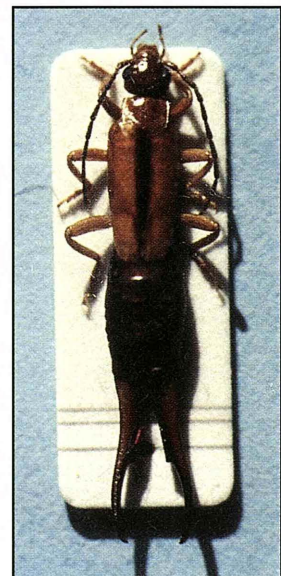
b. Larve de neuroptère dévorant un puceron (x 7)



c. Adulte d'*Oecanthus* sp. (x 1,5)



d. Adulte de *Paederus sabaeus* (x 10)



e. Adulte de *Forficula senegalensis* (x 5)

PLANCHE VI
DIFFÉRENTS DEGRÉS DE DÉGÂTS DIRECTS (TROPHIQUES) SUR LES JEUNES
COTONNIERS

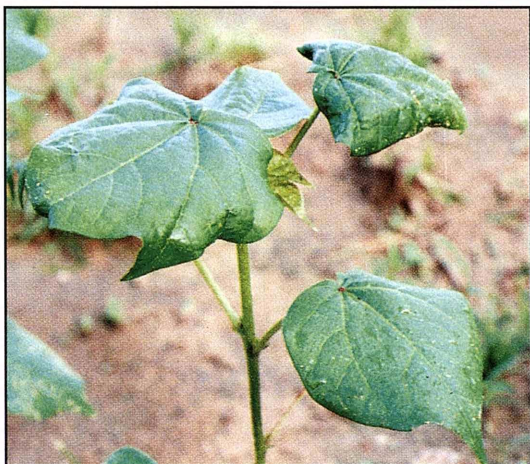
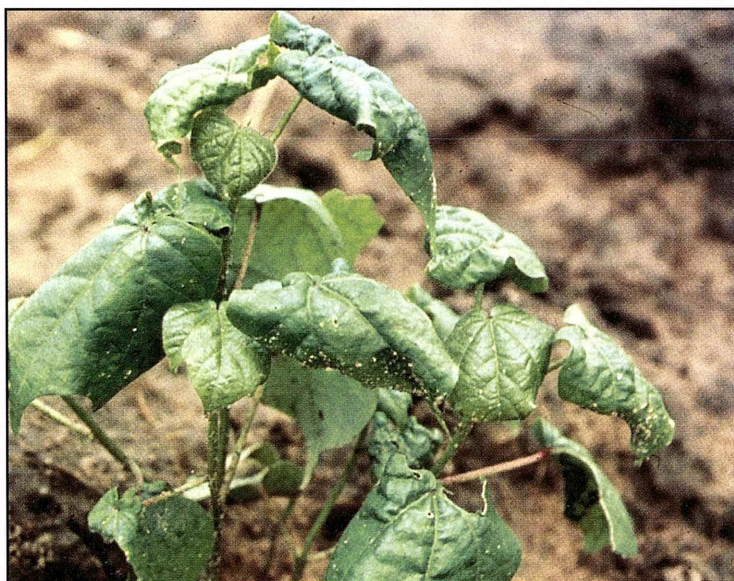
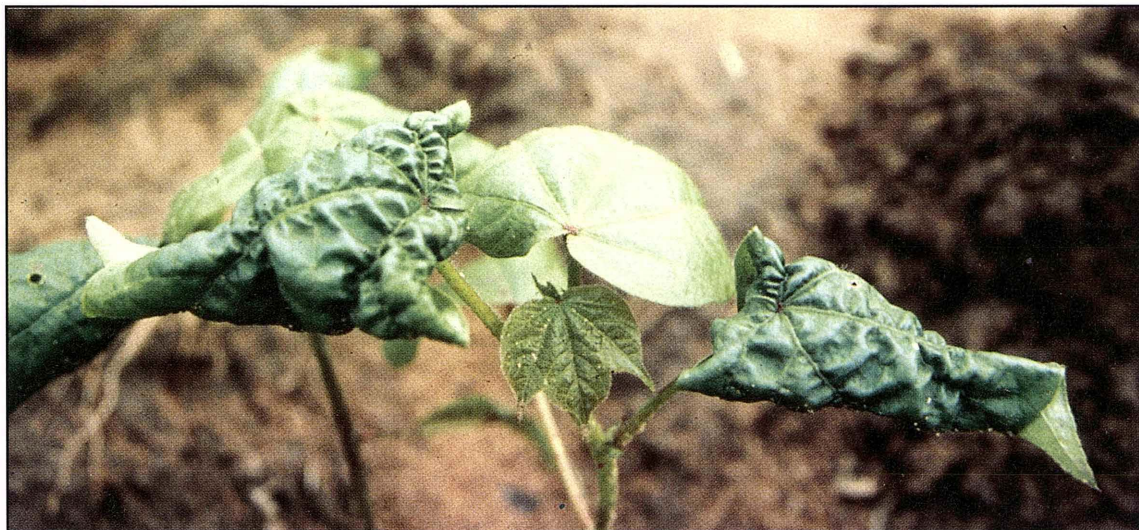
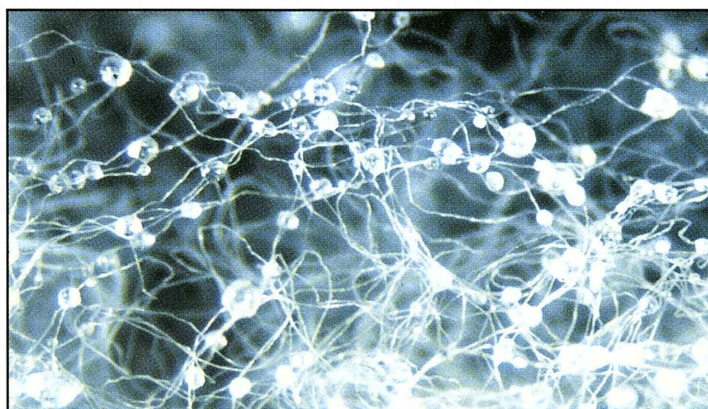


PLANCHE VII
DÉGÂTS INDIRECTS : VIROSE, MIELLAT ET FUMAGINE



a. Plant atteint par la maladie bleue



b. Gouttelettes de miellat
sur la fibre (x 20)



c. Miellat sur coton graine et fumagine

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A'BROOK J., 1964. The effect of planting date and spacing on the incidence of groundnut rosette disease and of the vector, *Aphis craccivora* Koch, at Mokwa, Northern Nigeria. *Annals of Applied Biology*, 54, 199-208.
- A'BROOK J., 1968. The effect of plant spacing on the number of aphids trapped over the groundnut crop. *Annals of Applied Biology*, 61, 289-294.
- A'BROOK J., 1973a. Observations on different methods of aphid trapping. *Annals of Applied Biology*, 74, 263-277.
- A'BROOK J., 1973b. The effect of plant spacing on the number of aphids trapped over cocksfoot and kale crops. *Annals of Applied Biology*, 74, 279-285.
- A'BROOK J., 1981. Some observations in West Wales on the relationships between numbers of alate aphids and weather. *Annals of Applied Biology*, 97, 11-15.
- ABLES J.R., JONES S.L., McCOMMAS D.W., 1978. Response of selected predator species to different densities of *Aphis gossypii* and *Heliothis virescens* eggs. *Environmental Entomology*, 7, 402-404.
- ADAMS J.B., 1962. Aphid survival at low temperatures. *Canadian Journal of Zoology*, 40, 951-956.
- ADJEI-MAAFO I.K., WILSON L.T., 1983. Factors affecting relative abundance of arthropods on nectaried and nectariless cotton. *Environmental Entomology*, 2, 349-352.
- AGARWALA B.K., GHOSH A.K., 1988. Keyrecords of aphidophagous Coccinellidae in India. A review of bibliography. *Tropical Pest Management*, 34, 1-14.
- ÅHMAN I., WEIBULL J., PETTERSON J., 1985. The role of plant size and plant density for host finding in *Rhopalosiphum padi* (L.) (Hem.: Aphididae). *Swedish Journal of Agricultural Research*, 15, 19-24.
- AHMED M.K., NEWSON L.D., EMERSON R.B., ROUSSEL J.S., 1954. The effect of systox on some common predators of the cotton aphid. *Southwestern Entomologist*, 47, 445-449.
- AKEY D.H., BUTLER G.D., 1989. Developmental rates and fecundity of apterous *Aphis gossypii* on seedlings of *Gossypium hirsutum*. *Southwestern Entomologist*, 14, 295-299.
- ALLEN C.T., STEVENSON D.E., ROBERTS C.W., MINZENMAYER R.R., FUCHS T.W., MATTHIES A.Z., GLOGOZA P.A., JONES G.W., HICKEY M.G., 1992. Development of cotton aphid populations on several different cotton varieties in West Texas. *Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference*, Memphis, Tennessee, Etats-Unis, 831-833.
- AMIOT E., 1990. Expérimentation en culture cotonnière sur un insecticide systémique (le Temik) au Nord-Cameroun. Mémoire de fin d'études, ISTOM, Le Havre, France, 102 p.
- AMIOT E., 1993. Contribution à l'étude de la résistance du puceron *Aphis gossypii* Glover à divers insecticides. Mémoire de fin d'études, DEA d'agrichimie, université Paul Sabatier, Toulouse, France, 26 p.
- ANDREWS G.L., KITTEN W.F., 1989. How cotton yields are affected by aphid populations which occur during boll set. *Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference*, Nashville, Tennessee, Etats-Unis, 2, 291-293.

- ANGELINI A., VANDAMME P., 1965. Onze années d'expérimentation insecticide en culture cotonnière de Côte d'Ivoire. *Coton et Fibres Tropicales*, 20, 531-538.
- ARAÚJO P.A.C.B., DE SALES F.J.M., 1985. Influência do clima e da fenologia do algodoeiro na dinâmica populacional do pulgão. *Fitossanidade*, Fortaleza, Brésil, 6, 57-72.
- ASPIROT J., MENOZZI P., 1985. Etude expérimentale en culture cotonnière de nouveaux programmes de protection phytosanitaire mis en place au Tchad sur la station de Bébédjia. *Coton et Fibres Tropicales*, 40, 29-37.
- Association de coordination technique agricole, 1979. Contrôles périodiques en verger. Pêcher. ACTA, Paris, fascicule III, 18-21.
- AUCLAIR J.L., 1963. Aphid feeding and nutrition. *Annual Review of Entomology*, 8, 439-490.
- AUCLAIR J.L., 1967a. Effects of pH and sucrose on rearing the cotton aphid, *Aphis gossypii* on a germ-free and holidic diet. *Journal of Insect Physiology*, 13, 431-446.
- AUCLAIR J.L., 1967b. Effects of light and sugars on rearing the cotton aphid, *Aphis gossypii* on a germ-free and holidic diet. *Journal of Insect Physiology*, 13, 1247-1268.
- AUCLAIR J.L., 1969. Nutrition of plant-sucking insects on chemically defined diets. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 12, 623-641.
- AUCLAIR J.L., SRIVASTAVA P.N., 1972. Some mineral requirements of the pea aphid *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera : Aphididae). *The Canadian Entomologist*, 104, 927-936.
- AUTRIQUE A., PERREAUX D., 1989. Maladies et ravageurs des cultures de la région des grands lacs d'Afrique centrale. *Publications du Service agricole du Burundi*, 24, 232 p.
- AYAL Y., 1987. The foraging strategy of *Diaretella rapae*. I The concept of the elementary unit of foraging. *Journal of Animal Ecology*, 56, 1057-1068.
- AYLOR D.E., 1990. The role of intermittent wind in the dispersal of fungal pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 28, 73-92.
- BAGGIOLINI M., 1965. Méthode de contrôle visuel des infestations d'arthropodes ravageurs du pommier. *Entomophaga*, 10, 221-229.
- BAGWELL R.D., TUGWELL N.P., WALL M.L., 1991. Cotton aphid : insecticide efficacy and an assessment of its damage to the cotton plant. *Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference*, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 693-695.
- BALASUBRAMANI V., SWAMIAPPAN M., 1994. Development and feeding potential of the green lacewing *Chrysoperla carnea* Steph. (Neur. Chrysopidae) on different insect pests of cotton. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 67, 165-167.
- BANERJEE T.K., RAYCHAUDHURI D., 1985. Behaviour response (feeding preference and dispersal posture) of *Aphis gossypii* Glover on brinjal crop. *Proceedings of the Indian Academy of Science*, 94, 295-301.
- BANKS C.J., 1958. Effects of the ant *Lasius niger* on the behaviour and reproduction of the aphid *Aphis fabae*. *Bulletin of Entomological Research*, 49, 701-714.
- BAR JOSEPH M., LOEBENSTEIN G., 1973. Effects of strain, source plant and temperature on the transmissibility of citrus tristeza virus by the melon aphid. *Phytopathology*, 63, 716-720.
- BARLOW C.A., 1962. Development, survival and fecundity of the potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae* Thomas at constant temperatures. *The Canadian Entomologist*, 94, 667-671.
- BATCHELDER C.H., 1927. The variability of *Aphis gossypii*. *Annals of Entomological Society of America*, 20, 263-278.
- BEHURA B.K., ACHARYA M., 1983. Biometrical studies of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover with regards to the three different host plants. *Pranikée*, 4, 65-74.
- BENEDICT J.H., EL-ZICK K.M., OLIVER L.R., ROBERTS P.A., WILSON L.T., 1989. Economic injury levels and thresholds for pests of cotton. In : FRISBIE R.E., EL-ZIK K.M., WILSON L.T., *Integrated pest management systems and cotton production*, John Wiley and Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, 121-153.

- BENNETT A.L., DU TOIT C.L.N., 1993. Screening aphids (Homoptera : Aphididae) from field cotton in South Africa for relative insecticide resistance. *Journal of African Zoology*, 107, 475-483.
- BHATT N., SINGH R., 1991a. Bionomics of an aphidiid parasitoid *Trioxys indicus* Subba and Sharma. Impact of food plants on the behaviour of and sex allocation by the female parasitoid at varying densities. *Biological Agriculture and Horticulture*, 7, 247-259.
- BHATT N., SINGH R., 1991b. Bionomics of an aphidiid parasitoid *Trioxys indicus* Subba and Sharma. 35. Influence of food plants on the life-table statistics of the parasitoid through its host *Aphis gossypii* Glover. *Insect Science and its Application*, 12, 385-389.
- BIGGER M., 1993. Ant-homopteran interactions in a tropical ecosystem. Description of an experiment on cocoa in Ghana. *Bulletin of Entomological Research*, 83, 475-505.
- BINDRA O.S., SIDHU A.S., SINGH G., BRAR K.S., 1973. Control of sucking pests of cotton by soil application of granular insecticides. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 43, 352-356.
- BLACKMAN R.L., 1974. Aphids. Invertebrate types. Ginn Company Ltd (ed.), London and Aylesbury, 175 p.
- BLACKMAN R.L., 1981. Species, sex and parthenogenesis in aphids. *In* : FOREY P.L., *The evolving biosphere*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume Uni, 75-85.
- BLACKMAN R.L., EASTOP V.F., 1984. Aphids on the World's Crops. An identification guide. John Wiley and Sons, Chichester, Royaume Uni, 466 p.
- BLACKMAN R.L., EASTOP V.F., 1994. Aphids on the World's Trees. An identification and information guide. CAB International, Wallingford-Oxon, Royaume Uni, 987 p.
- BLAIR B.W., 1986. Strategies to minimize resistance in arthropod pests to acaricides and synthetic pyrethroid insecticides in Zimbabwe. *Comptes rendus du IV^e congrès sur la protection de la santé humaine et des cultures en milieu tropical*, Marseille, France, 2-4 juillet 1986, 222-227.
- BODHADE S.N., NARAT R.V., BORLE M.N., 1987. Residual toxicity of various synthetic insecticides against cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Pesticides*, 21, 25-28.
- BÖHM O., 1964. *Aphis frangulae* Kalt. und *Aphis gossypii* Glov. Vorläufige Mitteilung. *Pflanzenschutz Berichte*, 31, 67-68.
- BOITEAU G., 1990. Effect of trap color and size on relative efficiency of water-pan traps for sampling alate aphids (Homoptera : Aphididae) on potato. *Journal of Economic Entomology*, 83, 937-942.
- BONNEMAISON L., 1951. Contribution à l'étude des facteurs qui provoquent l'apparition des formes ailées et sexuées chez les Aphidinae. Thèse, faculté de sciences, université de Paris, France, 380 p.
- BOOKER R.H., 1963. The effect of sowing date and spacing on rosette disease of groundnut in northern Nigeria, with observations on the vector, *Aphis craccivora*. *Annals of Applied Biology*, 52, 125-131.
- BORLE M.N., RAMARAO B., DESHMUKH S.D., 1980. Residual toxicity of some granular systemic insecticides as soil application in the control of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Indian Journal of Entomology*, 42, 142-147.
- BÖRNER C., 1952. Europae centralis Aphides. Die Blattläuse Mitteleuropas. *Mitteilungen der thüringischen botanischen Gesellschaft*, 4, 3, 1. Lieferung, 1-259.
- BOTTGER G.T., SHEEMAN E.T., LUFEKAHR M.J., 1964. Relation of gossypol content of cotton plants to insect resistance. *Journal of Economic Entomology*, 57, 283-285.
- BOTTRELL D.G., ADKINSON P.L., 1977. Cotton insect pest management. *Annual Review of Entomology*, 22, 451-481.
- BOUCHARD Y., CLOUTIER C., 1984. Honeydew as a source of host-searching kairomones for the aphid parasitoid *Aphidius nigripes* (Hymenoptera : Aphidiidae). *Canadian Journal of Zoology*, 62, 1513-1520.
- BOURELY J., 1980. Contribution à l'étude des sucres du cotonnier. *Coton et Fibres Tropicales*, 35, 189-208.
- BRANSON T.F., SIMPSON R.G., 1966. Effects of nitrogen-deficient host and crowding on the corn leaf aphid. *Journal of Economic Entomology*, 59, 290-293.

- BRAZZEL J.R., 1963. Resistance to DDT in *Heliothis virescens*. Journal of Economic Entomology, 56, 571-574.
- BRETELL J.H., 1988. Scouting techniques and timing spray applications. Cotton training Centre. Regional cotton production course. Pest management. Strategies and decision making in Zimbabwe. Section VII, 11 p.
- BRIXHE A., 1949. Les parasites du cotonnier en Afrique centrale. Tableaux de détermination. Compagnie cotonnière congolaise, 2^e édition, Bruxelles, Belgique, 184 p.
- BROADBENT L., 1948. *Aphis* migration and the efficiency of the trapping method. Annals of Applied Biology, 35, 379-394.
- BROADBENT L., HOLLINGS M., 1951. The influence of heat on some aphids. Annals of Applied Biology, 38, 577-581.
- BROWN P.A., 1989. Keys for the alate *Aphis* (Homoptera) of Northern Europe. Occasional Paper on Systematic Entomology, 5, 1-29.
- BROWN P.H., REED J.T., 1992. The effect of insecticides from four classes on the fecundity of the cotton aphid, *Aphis gossypii* (Glover). Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, Memphis, Tennessee, Etats-Unis, 901-903.
- BROZA M., 1986. An aphid outbreak in cotton fields in Israel. Phytoparasitica, 14, 81-85.
- BUCKLEY R., 1987. Interactions involving plants, homoptera, and ants. Annual Review of Ecology and Systematics, 18, 111-135.
- BUDENBERG W.J., 1990. Honeydew as a contact kairomone for aphid parasitoids. Entomologia Experimentalis et Applicata, 55, 139-148.
- BUDENBERG W.J., POWELL W., CLARK S.J., 1992. The influence of aphids and honeydew on the leaving rate of searching aphid parasitoids from wheat plants. Entomologia Experimentalis et Applicata, 63, 259-264.
- BURRIS E., GRAVES J.B., PAVLOFF A.M., LEONARD B.R., CHURCH G., 1989. Comparative analysis of a plant-washing procedure for monitoring early season arthropods in cotton. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, Nashville, Tennessee, Etats-Unis, 276-281.
- BURRIS E., PAVLOFF A.M., LEONARD B.R., GRAVES J.B., CHURCH G., 1990. Evaluation of two procedures for monitoring populations of early season pests (Thysanoptera : Thripidae and Homoptera : Aphididae) in cotton under selected management strategies. Journal of Economic Entomology, 83, 1064-1068.
- BUTANI P.G., MITTAL V.P., 1992. Management of aphids with conservation of coccinellid predators in fennel crop. Bioecology and Control Insect Pests, 205-211.
- BUTLER G.D., COUDRIET D.L., HENNEBERRY T.J., 1988a. Toxicity and repellancy of soybean and cottonseed oils to the sweet-potato whitefly and the cotton aphid on cotton in greenhouse studies. Southwestern Entomologist, 13, 81-86.
- BUTLER G.D., HUTCHINSON W.D., BROZA M., 1988b. Effect of aldicarb treatments to cotton on *Bemisia tabaci* and *Aphis gossypii* populations in Israël. Southwestern Entomologist, 13, 87-93.
- BUTLER G.D., PURI S.S., HENNEBERRY T.J., 1991. Plant-derived oil and detergent solutions as control agents for *B. tabaci* and *A. gossypii* on cotton. Southwestern Entomologist, 16, 331-337.
- CADOU J., 1974. Traitements insecticides à très faible volume (ULV) en culture cotonnière au Tchad. Expérimentation au Mayo Kebbi avec des appareils individuels. Coton et Fibres Tropicales, 29, 467-478.
- CAMPBELL R.K., SALTO C.E., SUMNER L.C., EIKENBARY R.D., 1990. Tritrophic interactions between grains, aphids and a parasitoid. In : SZENTESI Á., JERMY T., Insects-plants : 89, Akadémiai Kiadó, Budapest, Hongrie, 393-401.
- CARTER N., HARRINGTON R., 1991. Factors influencing aphid populations dynamics and behavior and the consequences for virus spread. In : HARRIS K.F., Advances in disease vector research, vol. 7, Springer Verlag, New York, Etats-Unis, 19-51.

- CARVER M., 1984. The potential host ranges in Australia of some imported aphid parasites [Hym. : Ichneumonidea : Aphididae]. *Entomophaga*, 29, 351-359.
- CASTELLA J.C., CARON H., GENAY J.P., PHUPHROMPHAN P., WEERATHAWORN P., TREBUIL G., 1992. Rapport d'activités. Protection de la culture cotonnière 1991-1992. Development oriented research on agrarian system project, Kasetsart University, Thaïlande. CIRAD-CA, Montpellier, France, 58 p.
- CAUQUIL J., 1977. Etude sur une maladie d'origine virale du cotonnier, la maladie bleue. *Coton et Fibres Tropicales*, 32, 259-278.
- CAUQUIL J., 1985. La protection des cotonniers contre les ravageurs en Afrique francophone au sud du Sahara. Principe et évolution des techniques. *Coton et Fibres Tropicales*, 40, 187-202.
- CAUQUIL J., 1987. Cotton-pest control : a review of the introduction of ultra-low-volume (ULV) spraying in sub-Saharan French-speaking Africa. *Crop Protection*, 6, 38-42.
- CAUQUIL J., 1992a- La politique de l'IRCT dans le domaine de la lutte intégrée contre les déprédateurs de la culture cotonnière. *Revue Scientifique du Tchad*, 2, 60-62.
- CAUQUIL J., 1992b. Mission d'information au Vietnam, 19-27 septembre 1992. CIRAD-CA, Montpellier, France, 26 p.
- CAUQUIL J., 1993. Maladies et ravageurs du cotonnier en Afrique au sud du Sahara. Institut de recherches du coton et des textiles exotiques, 2^e édition, Paris, France, 92 p.
- CAUQUIL J., COUILLOU R., GIRARDOT B., GOZÉ E., JOUVE G., VAISSAYRE M., 1989. Méthodologie de l'expérimentation phytosanitaire en culture cotonnière. CIRAD-IRCT, Montpellier, France, 63 p.
- CAUQUIL J., GUILLOMONT M., JOUVE G., 1978. Premiers résultats obtenus en Empire centrafricain sur la lutte chimique contre *Aphis gossypii* Glover vecteur d'une virose du cotonnier : la maladie bleue. *Coton et Fibres Tropicales*, 33, 337-351.
- CAUQUIL J., VAISSAYRE M., 1971. La maladie bleue du cotonnier en Afrique : transmission de cotonnier à cotonnier par *Aphis gossypii* Glover. *Coton et Fibres Tropicales*, 26, 463-466.
- CAUQUIL J., VINCENS P., 1982. Maladies et ravageurs du cotonnier en Centrafrique. Expression des dégâts et moyens de lutte. *Coton et Fibres Tropicales*, supplément à la revue, 32 p.
- CAUQUIL J., VINCENS P., DENECHÈRE M., MIANZÉ T., 1982. Nouvelle contribution sur la lutte chimique contre *Aphis gossypii* Glover, ravageur du cotonnier en Centrafrique. *Coton et Fibres Tropicales*, 37, 333-350.
- CAUQUIL J., VINCENS M., GIRARDOT B., 1983. La lutte chimique contre le Puceron du cotonnier (*Aphis gossypii* Glover) en Centrafrique. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent*, 48, 341-347.
- CAVALLORO R., 1987. Migration aphidienne et réseau « Euraphid » dans les pays de la Communauté. Actes de la réunion du groupe d'experts des CE, Montpellier, France, 7-9 mai 1985, Office des publications officielles des Communautés européennes, Luxembourg, 264 p.
- CAVALLORO R., 1989. Euraphid network : Trapping and aphid prognosis. Proceedings of a meeting of the EC - Experts' Group, Catania, 7-9 November 1988, Office for official publications of the European Communities, 331 p.
- CHABOUSSOU F., 1969. Les déséquilibres biologiques provoqués par les traitements de pesticides. Publications OEPP, série A, 52, 33-44.
- CHAMBERS R.J., 1988. Syrphidae. In : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), *Aphids : their biology, natural enemies and control*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 2B, 259-270.
- CHAMBERS R.J., AIKMAN D.P., 1988. Quantifying the effects of predators on aphid populations. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 46, 257-265.
- CHEN P.R., ZHANG Z.Q., WANG K., WANG X.Y., XU W.L., GAO Z.L., 1994. *Allothrombium pulvinum* Ewing (Acari, Thrombidiidae), an important early-season natural enemy of *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) in cotton. *Journal of Applied Entomology*, 117, 13-121.

- COCHRANE J., 1980. Meteorological aspects of the numbers and distribution of the rose-grain aphid, *Metopolophium dirhodum* (Wlk.) over south-east England in July 1979. *Plant Pathology*, 29, 1-8.
- COLFER R.G., ROSENHEIM J.A., 1995. Intraguild predation by coccinellid beetles on an aphid parasitoid, *Lysiphlebus testaceipes*. *Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference*, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 1033-1036.
- Commonwealth Agricultural Bureaux International, Institute of Entomology, 1990. Distribution maps of pests. Series I (agricultural), map n° 18 (third edition), *Aphis gossypii* Glover.
- COON B.F., 1968. Aphid trapping with black-light lamps. *Journal of Economic Entomology*, 61, 309-310.
- COSTA A.S., CARVALHO A.M.B., 1965. Molestias de virus in cultura e adubação do algodeiro. Instituto brasileiro de la potassa, experimentações e pesquisas, San Paulo, 567 p.
- COSTA A.S., SAUER H.F.G., 1954. Vermelhao do algodeiro. *Bragantia*, 13, 237-246.
- COTTIER, 1953. Aphids of New Zealand. N.Z. Department of Scientific and Industrial Research, Wellington, Bulletin 106, 382 p.
- COUILLOUD R., 1965. Observations sur la faune du cotonnier dans le bassin du Logone, Tchad (exception faite des chenilles de la capsule). *Coton et Fibres Tropicales*, 20, 517-530.
- COURBON R., 1992. Potentialités de l'imidaclopride. *Phytoma- La Défense des Végétaux*, 441, 25-27.
- DALY J.C., MCKENZIE J.A., 1986. Resistance management strategies in Australia. The *Heliothis* and « wormkill » programmes. *Proceedings of the British Crop Protection Conference on pests and diseases*, Brighton, 1986. BCPC, Farnham, 951-959.
- D'ARCY C., BURNETT P.A., HEURINGS A.D., 1981. Detection, biological effects, and transmission of a virus by the aphid *Rhopalosiphum padi*. *Virology*, 114, 268-272.
- DARWISH Y.A., FARGHAL A.I., 1990. Evaluation of certain pesticides activity against the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* and associated natural enemies on cotton plants under field conditions in Assiut. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 21, 331-339.
- DATKHILE R.V., PAWAR S.A., MOTE U.N., MOHOLKAR P.R., 1994. Evaluation of imidacloprid in a seed treatment against sucking pests of cotton. *Annals of Applied Biology (Supplement)*, 124, 6-7.
- DAVIDSON J., 1923. Biological studies of *Aphis rumicis* L. The penetration of plant tissues and the source of the food supply of aphids. *Annals of Applied Biology*, 10, 35-54.
- DAVIDSON J., 1925. Biological studies of *Aphis rumicis* Linn. Factors effecting the infestation of *Vicia faba* with *Aphis rumicis*. *Annals of Applied Biology*, 12, 471-507.
- DE OLIVEIRA A.M., 1971. Observações sobre a influência de factores climáticos nos populações de afídeos em batata. *Pesq Agropec Brasil, Sér. agron.*, 6, 163-172.
- DE REGGI L.M., 1972. Développement larvaire du puceron *Myzus persicae* à une température anormalement élevée. *Journal of Insect Physiology*, 18, 1757-1761.
- DEDRYVER C.A., 1978a. Rôle de l'humidité relative sur le développement du champignon parasite, *Entomophthora aphidis* Hoffmann, dans les populations de l'aphide *Sitobion avenae* F., en 1976, dans l'ouest de la France. *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, Paris, France, série D*, 1723-1726.
- DEDRYVER C.A., 1978b. Facteurs de limitation des populations d'*Aphis fabae* dans l'ouest de la France. III Répartition et incidence des différentes espèces d'*Entomophthora* dans les populations. *Entomophaga*, 23, 137-151.
- DEDRYVER C.A., 1981. Rôle des facteurs du milieu dans l'évolution des populations de pucerons des céréales. Mise à profit dans l'évaluation des risques encourus. *Comptes rendus des journées d'études et d'information sur les pucerons des cultures*, Paris, France, 155-165.
- DEDRYVER C.A., LADEVÈZE L., TURPEAU E., ROBERT Y., 1982. Les pucerons des céréales dans le Bassin de Rennes : comparaison des évolutions de populations sur quelques parcelles de blé d'hiver et des captures d'ailés au piège à succion du Rheu. *Euraphid, CEE, Bruxelles, Belgique*, 30-31.

- DEGUINE J.-P., 1988. Bilan de la protection des cultures cotonnières au Tchad par la technique UBV. *Coton et Fibres Tropicales*, 43, 235-247.
- DEGUINE J.-P., 1989. Etude du recouvrement des cotonniers par les techniques de pulvérisation à très bas volume (TBV) et à ultra bas volume (UBV) au moyen de traceurs fluorescents. *Coton et Fibres Tropicales*, 44, 229-235.
- DEGUINE J.-P., 1990. Compte rendu des démonstrations de thermonébulisation. Section entomologie, programme plantes textiles, Institut de la recherche agronomique, Centre de Maroua, Cameroun. IRA, Maroua, 4 p.
- DEGUINE J.-P., 1992. Considérations pour une lutte intégrée vis-à-vis du puceron *Aphis gossypii* Glover en culture cotonnière en Afrique centrale. *Revue Scientifique du Tchad*, 2, 74-82.
- DEGUINE J.-P., 1995a. Bioécologie et épidémiologie du puceron *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera, Aphididae) sur cotonnier en Afrique centrale. Vers une évolution de la protection phytosanitaire. Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier, France, 138 p.
- DEGUINE J.-P., 1995b. Influence de la plante sur *Aphis gossypii* et ses dégâts. Quelques résultats de recherches menées au Cameroun. Actes des journées coton, Montpellier, France, 24-27 juillet 1995, 40-48.
- DEGUINE J.-P., ASFOM P., 1989. Traitements insecticides à très bas volume (TBV) en culture cotonnière au Nord-Cameroun. Premières observations en milieu paysan. *Coton et Fibres Tropicales*, 44, 323-333.
- DEGUINE J.-P., EKUKOLE G., AMIOT E., 1993. La lutte étagée ciblée : un nouveau programme de protection insecticide en culture cotonnière au Cameroun. *Coton et Fibres Tropicales*, 48, 99-119.
- DEGUINE J.-P., EKUKOLE G., DUPRÉ E., 1989. Rapport annuel 1989-1990. Tome 1. Section entomologie, programme plantes textiles, Institut de la recherche agronomique, Centre de Maroua, Cameroun. CIRAD-CA, Montpellier, France, 56 p.
- DEGUINE J.-P., GOZÉ E., LECLANT F., 1994. Incidence of early outbreaks of the aphid *Aphis gossypii* Glover in cotton growing in Cameroon. *International Journal of Pest management*, 40, 132-140.
- DEGUINE J.-P., GOZÉ E., LECLANT F. The consequence of late outbreaks of the aphid *Aphis gossypii* Glover in cotton growing in central Africa. Towards a possible method for the prevention of cotton stickiness. *International Journal of Pest management* (soumis).
- DEGUINE J.-P., LECLANT F., 1996. Description et mode d'emploi d'un dispositif de piégeage des formes ailées du puceron du cotonnier *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera : Aphididae) au Cameroun. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)*, 32, 427-443.
- DEGUINE J.-P., MARTIN J., MERLIER H. Inventaire des plantes hôtes d'*Aphis gossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae) en Afrique (en préparation).
- DEGUINE J.-P., SILVIE P., 1988. Un nouveau programme de protection insecticide en culture cotonnière au Tchad : augmentation des cadences de traitement et réduction des doses. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijkuniversiteit Gent*, 53, 771-777.
- DELATTRE R., 1973. Parasites et maladies en culture cotonnière. Institut de recherches du coton et des textiles exotiques, Paris, France, 56-57.
- DELATTRE R., 1978. Efficacité des pyréthrinoides en culture cotonnière. *Phytiatrie-Phytopharmacie*, 27, 53-72.
- DELHOVE G.M., NKOMBÉ L.M., 1990. Importance et dynamique du complexe parasitaire de la culture cotonnière dans la région de Gandajika au Zaïre. Résumés des actes de la troisième conférence internationale des entomologistes d'expression française. Gembloux, Belgique, 75 p.
- DELMAS J.-C., 1967. Contribution à l'étude des effets de la température chez un insecte : *Myzus persicae* (Homoptera, Aphididae), forme parthénogénétique et aptère. Thèse de doctorat de 3^e cycle, faculté des sciences de Lyon, France, 50 p.
- DENECHÈRE M., 1981. Note sur la distribution et l'évolution des populations de pucerons d'*Aphis gossypii* (Homoptère, Aphididae) sur cotonniers en République centrafricaine. *Coton et Fibres Tropicales*, 36, 271-280.

- DENHOLM I., ROLLETT A.J., CAHILL M.R., ERNST G.H., 1995. Response of cotton aphids and whiteflies to diafenthiuron and pymetrozine in laboratory bioassays. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 991-994.
- DICKSON R.C., LAIRD E.F., 1967. Fall dispersal of green peach aphids to desert valleys. *Annals of the Entomological Society of America*, 60, 1088-1091.
- DIXON A.F.G., 1987a. The way of life of aphids : host specificity, speciation and distribution. *In* : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), *Aphids : their biology, natural enemies and control*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2A, 197-208.
- DIXON A.F.G., 1987b. Parthenogenetic reproduction and the rate of increase in aphids. *In* : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), *Aphids : their biology, natural enemies and control*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2A, 269-287.
- DONCASTER J.P., GREGORY P.H., 1948. The spread of virus diseases in the potato crop. Agricultural Research Council, HMSO, Londres, Royaume Uni, 189 p.
- DONG Z.Q., FENG C.T., IL G.L., 1992. Study on the control of intercropping cotton with watermelon on cotton aphids. *China Cottons*, 1, 36-37.
- DOUTT R.L., SMITH R.F., 1971. The pesticide syndrome. *In* : HUFFAKER C.B., *Biological control*, Plenum Press, New York, Etats-Unis, 3-15.
- DREYER M., HELLPAF C., 1992. Neem. A promising natural insecticide for small scale vegetable production in tropical and subtropical countries. *Plant Research and Development*, 36, 7-18.
- DUNNAM E.W., CLARK J.C., 1938. The cotton aphid in relation to the pilosity of cotton leaves. *Journal of Economic Entomology*, 31, 663-666.
- DUNNAM E.W., CLARK J.C., 1941. Cotton aphid multiplication following treatment with calcium arsenate. *Journal of Economic Entomology*, 34, 587-588.
- DUVIARD D., MERCADIER G., 1973. Les invasions saisonnières de pucerons en culture cotonnière : origine et mécanismes. *Coton et Fibres Tropicales*, 28, 483-491.
- EASTOP V.F., 1951. Diurnal variation in the aerial density of Aphididae. *Proceedings of the Royal and Entomological Society of London*, 26, 10-12.
- EASTOP V.F., 1953a. Notes on East African aphids. II Polyphagous species. *East African Agricultural Journal*, 17, 2-5.
- EASTOP V.F., 1953b. Notes on East African aphids. III Aphids of cruciferous crops. *East African Agricultural Journal*, 19, 14.
- EASTOP V.F., 1953c. Notes on East African aphids. IV Aphids of leguminous crops. *East African Agricultural Journal*, 19, 104.
- EASTOP V.F., 1953d. A study of the Tramini (Homoptera, Aphididae). *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, 104, 385-413.
- EASTOP V.F., 1954a. Notes on East African aphids. V Aphids of citrus, coffee and tea. *East African Agricultural Journal*, 19, 193.
- EASTOP V.F., 1954b. Notes on East African aphids. VI Cereal and grass root feeding species. *East African Agricultural Journal*, 20, 209-212.
- EASTOP V.F., 1955. Notes on East African aphids. VII Grass and cereal stem and leaf feeding species. *East African Agricultural Journal*, 20, 209-212.
- EASTOP V.F., 1957. The periodicity of aphid flight in East Africa. *Bulletin of Entomological Research*, 48, 305-310.
- EASTOP V.F., 1958. A study of the Aphididae (Homoptera) of West Africa. *British Museum (natural history)*, Londres, Royaume Uni, 126 p.
- EASTOP V.F., 1961. A study of the Aphididae (Homoptera) of East Africa. *British Museum (natural history)*, Londres, Royaume Uni, 93 p.

- EASTOP V.F., 1966. A taxonomic study of Australian Aphidoidea (Homoptera). *Australian Journal of Zoology* 14, 399-592.
- EASTOP V.F., 1973. Biotypes of aphids. *In* : LOWE A.D. Perspectives in aphid biology. The entomological Society of New Zealand, Auckland, Bulletin n° 2, 40-53.
- EASTOP V.F., 1977a. Worldwide importance of aphids as virus vectors. *In* : HARRIS K.F., MARAMOROSCH K. (eds), *Aphids as virus vectors*. Academic Press, New York, San Francisco, Londres, 1-61.
- EASTOP V.F., 1977b. *Aphis gossypii* (Glov.). *In* : KRANZ J., SCHMUTTERER H., KOCH W. (eds), *Diseases pests and weeds in tropical crops*. Verlag Paul Parey, Berlin and Hamburg, 328-329.
- EASTOP V.F., 1979. Key to the genera of the subtribe Aphidina (Homoptera). *Systematic Entomology*, 4, 379-388.
- EASTOP V.F., 1983. The biology of the principal aphid virus vectors. *In* : PLUMB R.T., THRESH J.M. (eds), 1983. *Plant virus epidemiology. The spread and control of insect-borne viruses*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, Royaume Uni, 115-132.
- EASTOP V.F., 1985. Key to the Middle Eastern species of *Uroleucon* Mordvilko (Aphididae: Homoptera). *Systematic Entomology*, 10, 395-404.
- EASTOP V.F., HILLE RIS LAMBERS D., 1976. *Survey of the world's aphids*. W. JUNK, The Hague, Pays-Bas, 573 p.
- EATON F.M., LYLE E.W., ROUSE J.T., PFEIFFENBERGER G.W., THARP W.H., 1946. Effect of immaturity in characters of cotton fiber, yam and seed. *Journal of the American Society of Agronomy*, 38, 1018-1033.
- EGUCHI M., 1937. Results of examinations and surveys on *Aphis gossypii* and its control. *Bulletin of the Agricultural Experiment Station of the Government general of Chosen*, 9, 379-416 (en japonais).
- EIDMANN H., 1927. Ameisen und Blattläuse. *Biologisches Zentralblatt*, 47, 537-556.
- EKUKOLE G., 1989. Screening of aphicides in north Cameroon : a four-year synopsis. *Actes de la 1^{re} conférence de la recherche cotonnière africaine*, tome 2, Lomé, Togo, 303-315.
- EKUKOLE G., 1990. Effect of some selected plants on the fecundity of *Aphis gossypii* Glover under laboratory conditions. *Coton et Fibres Tropicales*, 45, 263-266.
- EKUKOLE G., 1992a. Preliminary results on the effect of pruning cotton plants on *Aphis gossypii* Glover populations in Maroua, North Cameroon. *Coton et Fibres Tropicales*, 47, 135-138.
- EKUKOLE G., 1992b. Effect of some agronomic and chemical control practices on *Aphis gossypii* populations and stickyness in cotton. *Coton et Fibres Tropicales*, 47, 139-143.
- EKUKOLE G., 1993a. Host plant of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera : Aphididae) in the Maroua area North Cameroon. *Journal of African Zoology*, 169-174.
- EKUKOLE G., 1993b. The natural enemy complex of *Aphis gossypii* Glover in North Cameroon. *Actes de la troisième conférence internationale ANPP sur les ravageurs en agriculture*, Montpellier, France, 1311-1319.
- EKUKOLE G., 1993c. A check-list of cotton entomofauna in North Cameroon. II Parasitoids and predators. *Coton et Fibres Tropicales*, 48, 221-225.
- EL-FATTAH M.I.A., 1975. Effect of certain cultural practices on the infestation of cotton by *Aphis gossypii* Glover (Homoptera, Aphididae). II Sowing dates and planting spaces. *Journal of Applied Ecology*, 78, 301-305.
- EL-GHANY A., EL-SAYED M., EL-GHAR G.E.S.A., 1992. The influence of normal and low-rate of insecticides on populations of the cotton whitefly and melon aphid and associated parasites and predators on cucumber. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 65, 54-57.
- EL-MAGHRABY M.M.A., EL-TANTAWY M.A., GOMAA E.A.A., NADA M., 1994. Effect of pesticidal application during the early and late cotton season on the abundance of certain predators associated with cotton pests. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 67, 60-62.

- EL-NAGAR S., ISMAIL I.I., ATTIA A.A., 1984. Seasonal abundance of *Aphis gossypii* Glover on certain trees. Bulletin of the Entomological Society of Egypt, Economic Series, 65, 27-32.
- ELTON C.S., 1925. The dispersal of insects to Spitzbergen. Transactions of the Royal Entomological Society of London, 289-299.
- EL-ZIADY S., KENNEDY J.S., 1956. Beneficial effects of the common garden ant, *Lasius niger* L., on the black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli. Proceedings of the Royal Entomological Society of London (A), 35, 30-38.
- EL-ZIK K.M., THAXTON P.M., 1989. Genetic improvement for resistance to pests and stresses in cotton. In : FRISBIE R.E., EL-ZIK K.M., WILSON T.L. (eds), Integrated pest management systems and cotton production. John Wiley and Sons, New York, Etats-Unis, 191-224.
- ESENBO E.I., 1975. The effects of ULV spray on pests of cotton and their natural enemies. Nigerian Journal of Plant Protection, 1, 70-75.
- ESSIG E.O., 1947. Aphids, feeding on violaceous plants in California. Hilgardia, 18, 595-614.
- EVANS A.C., 1938. Physiological relationships between insects and their host plants. I The effect of the chemical composition of the plant on reproduction and production of winged forms in *Brevicoryne brassicae* L. Annals of Applied Biology, 25, 558-572.
- EVANS E.W., DIXON A.F.G., 1986. Cues for oviposition by ladybird beetles (Coccinellidae) : response to aphids. Journal of Applied Ecology, 55, 1027-1034.
- FENG M.G., JOHNSON J.B., 1990. Relative virulence of six isolates of *Beauveria bassiana* on *Diuraphis noxia* (Homoptera : Aphididae). Environmental Entomology, 19, 785-790.
- FENG M.G., JOHNSON J.B., HALBERT S.E., 1991. Natural control of cereal aphids (Homoptera : Aphididae) by entomopathogenic fungi (Zygomycetes : Entomophthora) and parasitoids (Hymenoptera : Braconidae and Encyrtidae) on irrigated spring wheat in southwestern Idaho. Environmental Entomology, 20, 1699-1710.
- FENG M.G., JOHNSON J.B., KISH L.P., 1990a. Virulence of *Verticillium lecanii* and an aphid-derived isolate of *Beauveria bassiana* (Fungi : Hyphomycetes) for six species of cereal-infesting aphids (Homoptera : Aphididae). Environmental Entomology, 19, 815-820.
- FENG M.G., JOHNSON J.B., KISH L.P., 1990b. Survey of entomopathogenic fungi naturally infecting cereal aphids (Homoptera : Aphididae) of irrigated grain crops in southern Idaho. Environmental Entomology, 19, 1534-1542.
- FERRARI R., NICOLI G., 1994. Ciclo biologico e nemici naturali di *Aphis gossypii* Glover : prime osservazioni. Informatore fitopatologico, 44, 59-62.
- FOLLIN J.-C., CAMPAGNAC N., 1981. Une maladie nouvelle du cotonnier, présumée d'origine virale observée en Argentine. Coton et Fibres Tropicales, 36, 313-317.
- FRAZER B.D., 1988a. Predators. In : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), Aphids : their biology, natural enemies and control. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2B, 217-230.
- FRAZER B.D., 1988b. Coccinellidae. In : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), Aphids : their biology, natural enemies and control. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2B, 231-247.
- FRAZER B.D., VAN DEN BOSCH R., 1973. Biological control of the walnut aphid in California : the interrelationship of the aphid and its parasite. Environmental Entomology, 2, 561-568.
- FRENCH N.M., RAMASWAMY S.B., SMITH D.B., PAROUNAGIAN D., 1992. Effect of three adjuvants on coverage, persistence, and efficacy of ground-applied chlorpyrifos for suppression of cotton aphids (Homoptera : Aphididae). Journal of Economic Entomology, 85, 1347-1355.
- FRISBIE R.E., EL-ZIK K.M., WILSON L.T., 1989. Integrated pest management systems and cotton production. John Wiley and Sons, New York, Chichester, 437 p.
- FRYDRYCH R., HEQUET E., 1992. Les cotons collants : de la plante au fil. Actes des 4^{es} journées de génétique et de technologie cotonnière du CIRAD-CA, Montpellier, France, 8 p.

- FUCHS T.W., MIZENMAYER R., 1995. Effect of aphids on cotton development and yield in west Texas. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 890-892.
- FURK C., POWELL D.F., HEYD S., 1980. Pirimicarb resistance in the melon and cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. Plant Pathology, 29, 191-196.
- FURK C., VEDJHI S., 1990. Organophosphorus resistance in *Aphis gossypii* (Hemiptera : Aphididae) on chrysanthemum in the UK. Annals of Applied Biology, 116, 557-561.
- FUSON K.J., GODFREY L.D., WYNHOLDS P.F., 1995. Agronomic and environmental factors influencing cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover) insecticide efficacy. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 895-899.
- GAHUKAR R.T., 1991. Control of cotton insect and mite pests in subtropical Africa : current status and future needs. Mini review. Insect Science and its Application, 12, 313-338.
- GAINES R.C., 1954. Effect on beneficial insects of several insecticides applied for cotton insect control. Journal of Economic Entomology, 47, 543-544.
- GALVA P., 1993. Contribution à l'étude des auxiliaires en culture cotonnière paysanne au Nord-Cameroun. Mémoire de fin d'études, EITARC-CNEARC, Montpellier, France, 76 p.
- GANGE A.C., PRYSE J.E., 1990. The roles of temperature and food quality in affecting the performance of the alder aphid, *Pterocallis alni* (De Geer). Entomologia Experimentalis et Applicata, 57, 9-16.
- GANNAWAY J.R., 1994. Breeding for insect resistance. In : MATTHEWS G.A., TUNSTALL J.P. (eds), Insect pests of cotton, CAB International, Wallingford, 431-453.
- GAO Z.R., 1987. A study of tolerance to *Aphis gossypii* in cotton at different stages. Plant Protection, 13, 8-10.
- GARDNER S.M., DIXON A.F.G., 1985. Plant structure and the foraging success of *Aphidius rhopalosiphii* (Hymenoptera: Aphididae). Ecological Entomology, 10, 171-179.
- GAUDARD L., 1990. Evolution des traitements insecticides à la Sodécoton durant ces cinq dernières années. Actes de la commission régionale IRCT, Afrique centrale, Garoua, Cameroun, 5 p.
- GAUDARD L., 1992. Les traitements insecticides du coton au Nord-Cameroun. Revue Scientifique du Tchad, 2, 104-106.
- GHONG K., ZHANG G., ZHAI G., 1964. Resistance of cotton aphids to demeton. Journal of Entomology, 13, 1.
- GHOVANLOU H., 1974. Etude de divers aspects morphologiques et de leur déterminisme chez *Aphis gossypii* Glover. Etude morphologique. Coton et Fibres Tropicales, 29, 345-352.
- GHOVANLOU H., 1976. Etude de divers aspects morphologiques et de leur déterminisme chez *Aphis gossypii* Glover. Etude biologique. Coton et Fibres Tropicales, 31, 223-229.
- GIRARDOT B., 1992a. Mission phytosanitaire en Haute-Guinée (24 septembre au 9 octobre 1992). CIRAD-CA, Montpellier, France, 31 p.
- GIRARDOT B., 1992b. Lutte raisonnée contre les ravageurs et les maladies du cotonnier. Compte rendu de la réunion des entomologistes de l'IRCT, Montpellier, 31 mars-1^{er} avril 1992. IRCT, Montpellier, France, 143 p.
- GOZÉ E., 1990. Research on the causes of sticky cotton in farming systems in tropical Africa. Proceedings of the 49th plenary meeting of International Cotton Advisory Committee (ICAC), Montpellier, France, 19-24.
- GOZÉ E., GACON F., 1989. Recherche et travaux sur le collage du coton au Cameroun. IRA, Sodécoton, IRCT, CFDT et CIRAD-CA, Montpellier, France, 97 p.
- GRAFTON-CARDWELL E.E., 1991. Geographical and temporal variation responses insecticides in various stages of *Aphis gossypii* (Homoptera : Aphididae) infesting cotton in California. Journal of Economic Entomology, 84, 741-749.

- GRAFTON-CARDWELL E.E., LEIGH T.F., BENTLEY W.J., GOODEL P.B., 1992. In the San Joachim Valley, cotton aphids have become resistant to commonly used pesticides. *California Agriculture*, 46, 4-7.
- GRAVES J.B., OTTEA J.A., LEONARD B.R., BURRIS E., MACINSKI S., 1993. Insecticide resistance management : an integral part of IPM in cotton. *Louisiana Agriculture*, 36, 3-5.
- GREEN M.B., de B. LYON D.J., 1989. Pest management in cotton. Ellis Horwood Publishers Limited, Chichester, Royaume Uni, 259 p.
- GUBRAN E.E., DELORME R., AUGÉ D., MOREAU J.P., 1992. Insecticide resistance in cotton Aphid (*Aphis gossypii* [Glov.]) in the Sudan Gezira. *Pesticide Science*, 35, 101-107.
- GUBRAN E.E., DELORME R., MOREAU J.P., AUGÉ D., BARRÈS P., 1990. La résistance du Puceron du coton *Aphis gossypii* (Glov.) aux insecticides. Actes de la deuxième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture ANPP, Versailles, France, 109-116.
- GUNNING R.K., EASTON C.S., GREENUP L.R., EDGE V.E., 1984. Pyrethroid resistance in *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera : Noctuidae) in Australia. *Journal of Economic Entomology*, 77, 1283-1287.
- GUSTAFSSON M., 1971. Microbial control of aphids and scale insects. In : BURGESS H.D., HUSSEY N.W. (eds), *Microbial control of insects and mites*, Academic Press, Londres, Royaume Uni, 375-384.
- GUTKNECHT J., FOURNIER J., 1987. Major research carried out by the IRCT on the origin and detection of sticky cotton. Technical Seminar 46th Plenary Meeting ICAC, Bruxelles, Belgique, 19-31.
- GUTKNECHT J., FOURNIER J., FRYDRYCH R., 1988. Principales recherches effectuées par l'IRCT sur l'origine et la détection des cotons collants. *Coton et Fibres Tropicales*, série documents, études et synthèses, n° 9, 42 p.
- HABIB A., RESK G.N., FARGHALY H.T., RAGAB Z.A., 1976. Seasonal abundance of some predators in cotton fields and its relation to certain pests. *Bulletin of Entomological Society of Egypt, Economic Series*, 60, 191-196.
- HAGEN K.S., SLUSS R.R., 1966. Quantity of aphids required for reproduction by *Hippodamia* spp. in the laboratory. In : HODEK I. (eds), *Ecology of aphidophagous insects*. Academia, Prague, 47-59.
- HAGEN K.S., VAN DEN BOSCH R., 1968. Impact of pathogens, parasites and predators on aphids. *Annual Review of Entomology*, 13, 325-367.
- HAGGIS M.J., 1996. Forecasting the severity of seasonal outbreaks of African armyworm, *Spodoptera exempta* (Lepidoptera : Noctuidae) in Kenya from the previous year's rainfall. *Bulletin of Entomological Research*, 86, 129-136.
- HÅGVAR E.B., HOFSTVANG T., 1991. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Aphididae) : biology host selection and use in biological control. *Biocontrol News and Informations*, 12, 13-41.
- HALL R.A., 1981. The fungus *Verticillium lecanii* as a microbial insecticide against aphids and scales. In : BURGESS H.D. (eds), *Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980*, Academic Press, London, 483-498.
- HALL R.A., 1982. Control of white fly, *Trialeurodes vaporariorum* and cotton aphid, *Aphis gossypii* in glasshouses by two isolates of the fungus, *Verticillium lecanii*. *Annals of Applied Biology*, 101, 1-11.
- HALL R.A., 1984. Epizootic potential for aphids of different isolates for the fungus, *Verticillium lecanii*. *Entomophaga*, 29, 311-321.
- HAMA H., HOSODA A., 1988. Individual variation of aliesterase activity in field population of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera : Aphididae). *Applied Entomology and Zoology*, 29, 109-112.
- HARDEE D.D., 1993. Resistance in aphids and whiteflies : principles and keys to management. *Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference*, New Orleans, Texas, Etats-Unis, 20-23.
- HARDEE D.D., AINSWORTH J.M., 1993. Cotton aphid : effect of in-furrow insecticides on pesticide resistance. *Journal of Economic Entomology*, 86, 1026-1029.

- HARDEE D.D., HERZOG G.A., 1992. 45th annual conference report on cotton insect research and control. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, Memphis, Tennessee, Etats-Unis, 626-644.
- HARDEE D.D., O'BRIEN P.J., 1990. Cotton aphids : current status and future trends in management. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, Memphis, Tennessee, Etats-Unis, 169-171.
- HARDEE D.D., SMITH M.T., WEATHERSBEE A.A., 1994. Sampling of the cotton aphid (Homoptera : Aphididae) in cotton. Southwestern Entomologist, 12, 33-44.
- HARRIS F.A., ANDREWS G.L., CAILLAVET D.F., FURR R.E., 1992. Cotton aphid effect on yield, quality and economics of cotton. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, Memphis, Tennessee, Etats-Unis, 652-656.
- HASSAN S.M., SAAD A.S., MANSOUR M.H., 1974. Evaluation of certain insecticides against aphids, jassids, whiteflies and red spider mites attacking cotton. Bulletin of Entomological Society of Egypt, Economic Series, 8, 41-45.
- HEAD R.B., 1991. Cotton losses to insects. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 602-607.
- HEATHCOTE G.H., 1972. Evaluation aphid populations on plants. *In* : VAN EMDEN H.F. (ed), Aphid Technology. Academic Press, London and New York, 105-145.
- HECTOR D.J., HODKINSON I.D., 1989. Stickyness in cotton. CAB International, Wallingford, Royaume Uni, 43 p.
- HEIE O.E., 1980. The Aphidoidea (Hemiptera) of Fennoscandia and Denmark. I General part. The families Mindaridae, Hormaphididae, Thelaxidae, Anoeciidae, and Pemphigidae. Fauna entomologica Scandinavica, 9, 236 p.
- HEIE O.E., 1982. The Aphidoidea (Hemiptera) of Fennoscandia and Denmark. The family Drepanosiphidae. Fauna entomologica scandinavica, vol. 11, Scandinavian Science Press Ltd, Klapenborg, 176 p.
- HEIE O.E., 1986. The Aphidoidea (Hemiptera) of Fennoscandia and Denmark. III Family Aphididae : subfamily Pterocommatinae and tribe Aphidini of subfamily Aphidinae. Fauna entomologica scandinavica, vol. 17. E.J. Brill, Scandinavian Science Press Ltd, Leiden, Copenhagen, 314 p.
- HEIE O.E., 1992. The Aphidoidea (Hemiptera) of Fennoscandia and Denmark. IV. Family Aphididae : Part 1 of tribe Macrosiphini of subfamily Aphididae. Fauna entomologica scandinavica, vol. 25. E.J. Brill, Scandinavian Science Press Ltd, Leiden, New York, København, Köln, 289 p.
- HEIE O.E., 1994. The Aphidoidea (Hemiptera) of Fennoscandia and Denmark. V. Family Aphididae : Part 2 of tribe Macrosiphini of subfamily Aphididae. Fauna entomologica scandinavica, vol. 28. E.J. Brill, Scandinavian Science Press Ltd, Leiden, New York, Köln, 242 p.
- HEINZE K., 1960. Systematik der mitteleuropäischen Myzinae mit besonderer Berücksichtigung der im Deutschen Entomologischen Institut befindlichen Sammlung Carl Börner (Homoptera: Aphidoidea: Aphididae). I und II Teil. Beiträge zur Entomologie, 10, 744-842.
- HEINZE K., 1961. Systematik der mitteleuropäischen Myzinae mit besonderer Berücksichtigung der im Deutschen Entomologischen Institut befindlichen Sammlung Carl Börner (Homoptera: Aphidoidea: Aphididae). III Teil. Beiträge zur Entomologie, 11, 24-93.
- HEINZE K., 1962. Pflanzenschädliche Blattlausarten der Familien Lachnidae, Adelgidae und Phylloxeridae, eine systematisch-faunistische Studie. Deutsche entomologische Zeitschrift, 9, 143-227.
- HENNEBERRY T.J., BARIOLA L.A., KITTOCK D.L., 1977. Nectariless cotton : effect on cotton leaf perforator and other insect in Arizona. Journal of Economic Entomology, 70, 797-799.
- HENRARD P., 1937. Les insectes parasites du cotonnier dans la région de Lisala. Bulletin agricole du Congo, 4, 609-624.
- HERMOSO DE MENDOZA A., MORENO P., 1989. Cambios cuantitativos en la fauna afídica de los citros valencianos. Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas, 15, 139-142.

- HIGUCHI H., MIYAZAKI M., 1959. A tentative catalogue of host plants of Aphidoidea in Japan. *Insecta Matsumurana*, Supplement 5, 66 p.
- HILL D.S., 1983. *Agricultural insect pests of the tropics and their control*. Cambridge University Press, p. 201.
- HILLE RIS LAMBERS D., 1938-1953. Contributions to a monograph of the Aphididae of Europe, I - V. *Temminckia* 3, 1-43 (1938) ; 4, 1-134 (1939) ; 7, 179-319 (1949) ; 9, 1-176 (1953).
- HILLE RIS LAMBERS D., 1966. Notes in California Aphids, with descriptions of new genera and new species (Homoptera: Aphididae). *Hilgardia*, 37, 569-623.
- HILLE RIS LAMBERS D., 1972. New species of *Tuberculatus* Mordvilko, 1814 (Homoptera, Aphididae), with a key to species and some critical notes. *Bolletino di Zoologia agraria e di Bachicoltura*, Ser. II, 11, 19-82.
- HILLE RIS LAMBERS D., VAN DEN BOSCH R., 1964. On the genus *Therioaphis* Walker 1870, with descriptions of new species (Homoptera, Aphididae). *Zoologische Verhandelingen*, 68, 1-47.
- HODGSON C., 1991. Dispersal of apterous aphids (Homoptera : Aphididae) from their host plant and its significance. *Bulletin of Entomological Research*, 81, 417-427.
- HODGSON C., AVELING C., 1988. Anthocoridae. *In* : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), *Aphids : their biology, natural enemies and control*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2B, 279-292.
- HODSON A.C., COOK E.F., 1960. Long-range aerial transport of the harlequin bug and the greenbug into Minnesota. *Journal of Economic Entomology*, 53, 604-608.
- HOLLINGSWORTH R.G., STEINKRAUS D.C., McNEW R.W., 1995. Sampling to predict fungal epizootics in cotton aphids (Homoptera : Aphididae). *Environmental Entomology*, 24, 1414-1421.
- HOLMAN J., 1974. *Los afidos de Cuba*. Instituto cubano del Libro, La Havane, Cuba, 340 p.
- HONEK A., 1991. Factors determining the peak abundance of *Metopolophium dirhodum* (Homoptera : Aphididae) on cereals. *Bulletin of Entomological Research*, 81, 57-64.
- HOSODA A., HAMA H., SUZUKI K., ANDO Y., 1993. Insecticide resistance of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. III Host preference and organophosphorous susceptibility. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 37, 83-90.
- ILHARCO F.A., VAN HARTEN A., 1987. Systematics. *In* : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), *Aphids : their biology, natural enemies and control*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2A, 51-76.
- INAIZUMI M., 1980. Studies on the life-cycle and polymorphism of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera, Aphididae). *Special Bulletin of the College of Agriculture, Utsunomiya University*, 37, 132 p.
- INAIZUMI M., 1981. Life cycle of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera, Aphididae) with special reference to biotype differentiation on various host plants. *Kontyû*, 49, 219-240.
- INGRAM W.R., SUTHERLAND J.A., HAQUE H., de B. LYON D.J., 1989. Pesticide management in cotton in Pakistan. *In* : GREEN M.B., de B. LYON D.J. (eds), *Pest management in cotton*. Ellis Horwood Publishers, Chichester, Royaume Uni, 16-26.
- IPERTI G., FERRAN A., LAPCHIN L., LYON J.P., RABASSE J.M., 1989. Etude de l'influence des facteurs climatiques et trophiques sur l'évolution des populations des principaux prédateurs de pucerons des céréales à paille sous le climat méditerranéen. *Bulletin OILB-SROP*, 12, 73-83.
- IRWIN M.E., 1980. Sampling aphids in soybean fields. *In* : KOGAN M., HERZOG D.C. (eds), *Sampling methods in soybean entomology*. Springer Verlag, New York, Etats-Unis, 239-259.
- IRWIN M.E., THRESH J.M., 1990. Epidemiology of barley yellow dwarf : a study in ecological complexity. *Annual Review of Phytopathology*, 28, 393-424.
- ISELY D., 1946. The cotton aphid. *Arkansas Agricultural Experiment Station Bulletin*, 462, 1-29.
- ISHAAYA I., MENDELSON Z., 1987. The susceptibility of the melon aphid to insecticides during the cotton growing season. *Hassadeh*, 67, 1772-1773.

ITO Y., 1952. On the population increase and migration in three species of barley aphids. Studies on the mechanics of ecological segregation in barley aphids. (I) Oyo-Kontyu, 7, 169-176 (en japonais, résumé anglais).

ITO Y., 1954. Sympatric occurrence of two species of aphids and their leaf preference, with special reference to the ecological significance. Studies on the mechanisms of ecological segregation of barley aphids. II Bulletin of the National Institute of Agricultural Sciences, Ser. C, 4, 187-199 (en japonais, résumé anglais).

ITO Y., 1960. Ecological studies on population increase and habitat segregation among barley aphids. Bulletin of the National Institute of Agricultural Sciences, Ser. C, 11, 45-130.

JIANGO Y., FUJIE T., ZIPING Y., 1987. Preliminary studies on the insecticide-resistance of cotton aphids in North China. Journal of Nanjing Agricultural University, 12, 13-21.

JOHNSON B., 1957. Studies on the dispersal by upper winds of *Aphis craccivora* Koch in New South Wales. Proceedings of the Linnaean Society of New South Wales, 82, 191-198.

JOHNSON B., 1959. Ants and form reversal in aphids. Nature, 184, 740-741.

JOHNSON C.G., 1950a. A suction trap for small airborne insects which automatically segregates the catch into successive hourly samples. Annals of Applied Biology, 37, 80-91.

JOHNSON C.G., 1950b. Infestation of a bean field by *Aphis fabae* in relation to wind direction. Annals of Applied Biology, 37, 441-450.

JOHNSON C.G., 1969. Migration and dispersal of insects by flight. Methuen, Londres, Royaume Uni, 763 p.

JOHNSON C.G., TAYLOR L.R., 1955. The development of large suction traps for airborne insects. Annals of Applied Biology, 43, 51-62.

JOHNSON D.R., STUDEBAKER G.E., 1991. Cotton aphid control and management in Arkansas. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 689-690.

JOHNSTONE D.R., HUNTINGTON K.A., 1977. Deposition and drift of ULV and VLV insecticide sprayers applied to cotton by hand application in Northern Nigeria. Pesticide Science, 8, 101-109.

KANDORIA J.L., JAMWAL R., GURDIP SINGH, 1989. Seasonal activity and host range of *Aphis gossypii* Glover in the Punjab. Journal of Insect Science, 2, 68-70.

KARUPPUCHAMY P., UTHAMASAMY S., GANESH KUMAR M., 1986. Chemical control of pests in rice fallow cotton in Cauvery deltaic region. Madras Agricultural Journal, 73, 178-180.

KAWAI A., 1985. Studies on population ecology of *Thrips palmi* Karny. 9- Interspecific competition with *Aphis gossypii* Glover. Proceedings of the Association for Plant Protection of Kyushu, 31, 156-159.

KENNEDY G.G., KISHABA A.N., 1976. Bionomics of *Aphis gossypii* in resistant and susceptible cantaloupe. Environmental Entomology, 5, 357-361.

KENNEDY J.S., BOOTH C.D., 1963. Free flight of aphids in the laboratory. Journal of Experimental Biology, 40, 67-85.

KENNEDY J.S., BOOTH C.O., KERSHAW W.J.S., 1961. Host finding by aphids in the field. III Visual attraction. Journal of Applied Biology, 49, 1-21.

KENNEDY J.S., STROYAN H.L.G., 1959. Biology of aphids. Annual Review of Entomology, 4, 139-160.

KERNS D.L., GAYLOR M.J., 1991. Insecticide resistance in field populations of cotton aphids and relative susceptibility of its parasitoid *Lysiphlebus testaceipes*. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 682-685.

KERNS D.L., GAYLOR M.J., 1992. Insecticide resistance in field populations of the cotton aphid (Homoptera : Aphididae). Journal of Economic Entomology, 85, 1-8.

- KERNS D.L., GAYLOR M.J., 1993. Induction of cotton aphid outbreaks by insecticides in cotton. *Crop Protection*, 12, 387-393.
- KHALID R.A., AL-ZARARI A.J., 1982. Estimation of the economic threshold of infestation for cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover in cotton Mosul Iraq. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 17, 71-78.
- KHALIFA A., SHARAF EL-DIN N., 1964. Biological and ecological study on *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae). *Bulletin of Entomological Society of Egypt, Economic Series*, 57, 132-153.
- KHALIFA H., GAMEEL O.I., 1983. Breeding cotton cultivars resistant to whitefly [*Bemisia tabaci* (Genn.)]. In : LAMBERTI F., WALLER J.M., VAN DER GRAAF N.A. (eds), *Durable resistance in crops*. Plenum Press, New York, Etats-Unis, 231-236.
- KHALIL F.A., WATSON W.M., 1983. The effectiveness of some insecticides against *Aphis gossypii* attacking cotton seedlings. *Agricultural Research Review*, 61, 109-114.
- KHODZHAIEV SH.T., ROSLAVTSEVA S.A., ABDULLAEV E., SOBCHAK M.N., 1985. Resistance of the cotton aphid to insecticides. *Zashchita Rastenij* (Moskva), 12-30.
- KING E.G., PHILLIPS J.R., 1989. 42nd annual conference report on cotton insect research and control. *Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference*, Nashville, Tennessee, Etats-Unis, 180-199.
- KING E.G., PHILIPS J.R., HEAD R.B., 1987. 40th annual conference report on cotton insect research and control. *Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference*, Dallas, Texas, Etats-Unis, 170-192.
- KING W.J., 1976. Ultra Low Volume application of insecticide to cotton in the Gambia. *Miscellaneous report. Centre for Overseas Pest Research*, Londres, Royaume Uni, 27, 13 p.
- KIRKPATRICK T.W., 1957. *Insect life in the tropics*. Longmans, Green and Co, London, New York and Toronto, 34 p.
- KISS A., 1981. Melezitose, aphids and ants. *Oikos*, 37, 382.
- KISS A., 1991. The cotton integrated pest management program in Soudan. In : KISS A., MEERMAN F. (eds) *Integrated pest management and African agriculture*. World Bank, Washington, DC, Etats-Unis, 67-75.
- KLINGAUF F.A., 1987a. Host plant finding and acceptance. In : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), *Aphids : their biology, natural enemies and control*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2A, 209-223.
- KLINGAUF F.A., 1987b. Feeding, adaptation and excretion. In : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), *Aphids : their biology, natural enemies and control*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2A, 225-254.
- KLOFT W., 1968. Les insectes producteurs de miellat. In : CHAUVIN R., *Traité de biologie de l'abeille*, vol. 4, Masson, Paris, France, 249-263.
- KNABKE J.J., MCKENZIE C.L., STAETZ C.A., 1995. Field and bioassay results of capture, thiodan and other insecticides on cotton aphid in California. *Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference*, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 1007-1009.
- KOCOUREK F., HAVELKA J., BERANKOVA J., JAROSIK V., 1994. Effect of temperature on developmental rate and intrinsic rate of increase of *Aphis gossypii* reared on greenhouse cucumbers. *Entomologia Experimentalis and Applicata*, 71, 59-64.
- KOMAZAKI P., SAKAGAMI Y., KORENAGA R., 1979. Overwintering of aphids on citrus trees. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 23, 246-250.
- KOMAZAKI S., 1982. Effects of constant temperature on population growth of three aphid species, *Toxoptera citricidus* [citricida] (Kirkaldy), *Aphis citricola* van der Goot and *Aphis gossypii* Glover (Homoptera : Aphididae) on *Citrus*. *Applied Entomology and Zoology*, 17, 75-81.
- KOMAZAKI S., 1993. Biology and virus transmission of citrus aphids. *Technical Bulletin, Food and Fertilizer Technology Center*, 136, 9 p.
- KOSHAEVA K., 1965. The melon aphid on cotton. *Zashchita Rastenij of Vreditelej i Bolezneij*, 36-3 (en russe).

KRANZ J., SCHMUTTERER H., KOCH W., 1977. Maladies, ravageurs et mauvaises herbes des cultures tropicales. Paul Parey, Berlin et Hambourg, 717 p.

KRING J.B., 1955. Biological separation of *Aphis gossypii* Glover and *Aphis sedi* Kaltenbach. Annals of the Entomological Society of America, 48, 442-444.

KRING J.B., 1959. The life of the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover, an example of facultative migration. Annals of Entomological Society of America, 52, 264-286.

KRING J.B., 1972. Flight behaviour of aphids. Annual Review of Entomology, 17, 461-492.

LABONNE G., FAUVEL C., LECLANT F., QUIOT J.B., 1983. Intérêt des pièges à fils dans l'étude des populations de pucerons ailés. Agronomie, 3, 315-326.

LATGÉ J.-P., 1981. Comparaison des exigences nutritionnelles des Entomophthorales. Annales de microbiologie, Institut Pasteur, 132B, 299-306.

LATGÉ J.P., PAPIEROK B., 1988. Aphids pathogens. In : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), Aphids : their biology, natural enemies and control. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2B, 323-335.

LATGÉ J.-P., REMAUDIÈRE G., DIAQUIN M., 1978 b. Un nouveau milieu pour la croissance des champignons entomophthorales pathogènes d'aphides. Annales de Microbiologie, Institut Pasteur, 129B, 463-476.

LE RÜ B., 1989. Etude de l'évolution d'une mycose à *Neozygites fumosa* [Zygomycetes, Entomophthorales] dans une population de la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* [Hom : Pseudococcidae]. Entomophaga, 31, 79-89.

LECLANT F., 1981. Les effets nuisibles des pucerons sur les cultures. Comptes rendus des journées d'études et d'information sur les pucerons des cultures, Paris, France, 37-55.

LECLANT F., 1982. Incidence de l'emploi du plastique sur les ennemis des cultures : insectes et virus. Comptes rendus des VI^e journées de phytatrie-phytopharmacie circum-méditerranéennes, Perpignan, France, 25-28 mai 1981, 626-638.

LECLANT F., 1988. Anatomie de l'appareil buccal et du tube digestif chez les hémiptères. Mécanisme de la prise de nourriture. Annales de l'Association nationale de protection des plantes, 2, 21-43.

LECLANT F., 1990. Quelques données sur la biologie d'*Aphis gossypii*. Actes de la commission régionale IRCT Afrique centrale, Garoua, Cameroun, 5 p.

LECLANT F., MILAIRE H.G., 1975. La lutte intégrée en vergers de pêchers dans le sud-est de la France. Comptes rendus du 5^e symposium sur la lutte intégrée en vergers, OILB-SROP, 181-198.

LECLANT F., REMAUDIÈRE G., 1970. Prise en considération des aphides dans la lutte intégrée en vergers de pêchers. Entomophaga, 15, 53-81.

LEDERMANN S., 1987. Expérimentation en milieu réel sur la protection phytosanitaire du cotonnier au Nord-Cameroun. Mémoire de fin d'études, CNEARC, Montpellier, France, 50 p.

LEES A.D., 1966. The control of polymorphism in aphids. Advances in Insect Physiology, 3, 207-277.

LEIGH T.F., MAGGI V.L., WILSON L.T., 1984. Development and use of a machine for recovery of arthropods from plant leaves. Journal of Economic Entomology, 77, 271-276.

LEONARD M.D., WALKER H.G., ENARI L., 1971. Host plants of *Aphis gossypii* at Los Angeles State and county Arboretum, Arcadia, California, Etats-Unis. In : Proceedings of the Entomological Society of Washington, 74, 9-16.

LESER J.F., ALLEN C.T., FUCHS T.W., 1992. Cotton aphid infestation in West Texas : a growing management problem. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, Memphis, Tennessee, Etats-Unis, 823-827.

- LIU R.X., 1992. Research trends on controlling cotton aphid with negative cross resistance. *Resistant Pest Management Newsletter*, 16-17.
- LIU Y.C., PERNG J.J., 1987. Populations growth and temperature-dependent effect of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Chinese Journal of Entomology*, 7, 95-111 (en chinois).
- LUO Z.H., GAN G.P., 1986. Population dynamics of cotton aphids on cotton during square-boll stage and the relation between population age structure and parasitization. *Acta Entomologica Sinica*, 29, 156-161.
- LUO Z.H., XIN-H. S., 1985. Preliminary investigation on population dynamics computer simulation and forecast of cotton aphid (*Aphis gossypii*) in the sheshan field, Shanghai Suburb. *Contributions from Shanghai Institute of Entomology*, 5, 55-66.
- MACKAUER M., 1961. Die Gattungen der Familie Aphidiidae und ihre verwandtschaftliche Zuordnung (Hymenoptera : Ichneumonoidea). *Beiträge zur Entomologie*, 11, 792-803.
- MACKAUER M., 1967. Wirtsbindung und parallele Evolution parasitischer Hymenopteren. I. Allgemeines und Parasiten der Homopteren, I Teil. *Angewandte Parasitologie*, 8, 21-39.
- MACKAUER M., STARY P., 1967. Hym. Ichneumonoidea. World Aphidiidae. In : DELUCCHI V., REMAUDIÈRE G. (eds). *Index of entomophagous insects*, Le François, Paris, France, 195 p.
- MANN J.A., TATCHELL G.M., DUPUCH M.J., HARRINGTON R., CLARK S.J., McCARTNEY H.A., 1995. Movement of apterous *Sitobion avenae* (Homoptera, Aphididae) in response to leaf disturbance caused by wind and rain. *Annals of Applied Biology*, 126, 417-427.
- MARTIN J.H., 1983. The identification of common aphid pest in tropical agriculture. *Tropical Pest Management*, 29, 395-411.
- MASTERMAN A.J., FOSTER G.N., HOLMES S.J., HARRINGTON R., 1996. The use of the Lamb daily weather types and the indices of progressiveness, southerliness and cyclonicity to investigate the autumn migration of *Rhopalosiphum padi*. *Journal of Applied Ecology*, 33, 23-30.
- MATTHEWS G.A., 1989a. Cotton insect pests and their management. Longman Scientific and Technical, Harlow, Essex, 199 p.
- MATTHEWS G.A., 1989b. Evolution des techniques d'application utilisées par les planteurs de coton en Afrique. *Actes de la 1^{re} conférence de la recherche cotonnière africaine*, tome 2, Lomé, Togo, 219-232.
- MATTHEWS G.A., TUNSTALL J.P., 1994. *Insect pests of cotton*. CAB International, Wallingford, 593 p.
- MAY A.W.S., 1951. Jassid resistance of the cotton plant. *Queensland Journal of Agricultural Sciences*, 8, 43-68.
- McKENZIE C.L., CARTWRIGHT B., 1994. Susceptibility of *Aphis gossypii* (Glover) to insecticides as affected by host plant using a rapid bioassay. *Journal of Entomological Science*, 29, 289-301.
- McKENZIE C.L., SLOSSER J.E., PINCHAK W.E., 1995. Effects of nitrogen on cotton aphid susceptibility to different classes of insecticides. *Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference*, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 1003-1006.
- MEDLER J.T., GHOSH A.K., 1969. Keys to species of alate aphids collected by suction, wind, and yellowpan water traps in the North Central States, Oklahoma and Texas. *North Central Regional Publication*, n° 192, *Research Bulletin 277*, University of Wisconsin, 99 p.
- MEDLER J.T., SMITH P.W., 1960. Greenbug dispersal and distribution of barley yellow dwarf virus in Wisconsin. *Journal of Economic Entomology*, 53, 473-474.
- MENGECHE A.N., SAXENA K.N., GOPALAN H.N.B., 1995. Integrated pest management in the Tropics. Current status and future prospects. John Wiley and Sons, Chichester, Royaume Uni, 171 p.
- MENOZZI P., CAUQUIL J., MIANZÉ T., 1987. Mesure de l'efficacité aphicide des matières actives appliquées sous forme d'émulsion concentrée. Synthèse de six années d'expérimentation en République centrafricaine. *Coton et Fibres Tropicales*, 42, 273-277.
- MICHEL B., 1992. Informations sur quelques Coccinellidae (Coleoptera) du Paraguay. *Coton et Fibres Tropicales*, 47, 301-304.

- MICHEL B., 1993. Peuplement entomologique associé au puceron *Aphis gossypii* Glover en culture cotonnière au Paraguay. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijkuniversiteit Gent, 58, 569-574.
- MICINSKI S., KIRKPATRICK T.L., COLYER P.D., 1995. An improved plant washing procedure for monitoring early season insect pest in cotton. Southwestern Entomologist, 20, 17-24.
- MILLAR I.M., 1990. The aphids (Homoptera : Aphidoidea) of South Africa. An identification guide. Entomology memoir. Department of Agricultural Development, Pretoria, n° 78, 105 p.
- MILLAR I.M., 1994. A catalogue of the aphids (Homoptera : Aphidoidea) of sub-Saharan Africa. Plant Protection Research Institute Handbook, n° 4, 19-21.
- MITTLER T.E., 1988. Applications of artificial feeding techniques for aphids. In : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), Aphids : their biology, natural enemies and control. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2B, 145-170.
- MITTLER T.E., DADD R.H., 1962. Artificial feeding and rearing of the aphid, *Myzus persicae* (Sulzer), on a completely defined synthetic diet. Nature, London, 195-404.
- MOERICKE V., 1951. Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pfirsichblattlaus, *Myzodes persicae* (Sulz). Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, 3, 23-24.
- MOERICKE V., 1953. Wie finden geflügelte Blattläuse ihre Wirtspflanze ? Mitteilungen der Biologischen Zentralanstalt für Land und Forstwirtschaft, 75, 90-97.
- MOERICKE V., 1955. Über die Lebensgewohnheiten der geflügelten Blattläuse (Aphidina) unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens beim Landen. Zeitschrift für Angewandte Entomologie, 37, 29-91.
- MOERICKE V., 1957. Der Flug von Insekten über pflanzenfreien und pflanzenbewachsenen Flächen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 64, 507-514.
- MOHAMED H.A., BASHIR N.H., EL TAYEB Y.M., 1993. Susceptibilities of three insect pests of cotton to insecticides and mixtures. Insect Science and its Application, 14, 193-197.
- MORITSU M., 1948. Injurious aphids in Japan. I. Aphids of potatoes. *Mushi*, 18, 67-75 (en japonais).
- MORITSU M., 1954. Observations on the seasonal abundance of *Aphis gossypii* Glover on egg-plants in Japan (Hemiptera). *Mushi*, 27, 59-68.
- MOURSI K.S., DONIA A.A., MESBAH H.A.A., HAROUN N.S., 1985. Comparative biological studies of *Aphis gossypii* Glover on different host plants. Annals of the Agricultural Society of Moshtohor, 23, 985-999.
- MOURSI K.S., HEGAZI E.M., DONIA A.R., HAROUN N.S., 1984. Mass rearing and biological observations of *Aphis gossypii* Glov. on cotton seedlings (Aphididae, Homoptera). Agricultural Research Review, 62, 253-259.
- MOUSTAFA O.K., ABOU-SEEDA S.A.B., EL-ATTAL Z.M., 1990. Role of adjuvants in increasing insecticides bioactivity. Agricultural Research Review, 68, 165-172.
- MU J.Y., LI Z.H., MU S.M., FAN G.H., 1993. Study on control criteria of *Aphis gossypii* Glover in a field of directly-sown spring cotton. Journal of Shandong Agricultural University, 24, 183-187.
- MÜLLER F.P., 1961. Stabilität und Veränderlichkeit der Färbung bei Blattläusen. Archiv der Freunde der Naturgeschichte in Meklenburg, 7, 228-239.
- MÜLLER F.P., 1986. The role of subspecies in aphids for affairs of applied entomology. Zeitschrift für Angewandte Entomologie, 101, 295-303.
- MÜLLER H.J., 1959. Über die Entwicklung erhöhten Randbefalls von Ackerbohnen-Beständen durch *Aphis fabae* Scop. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 64, 539-599.

MURSAL I.E., 1993. Yield constraints in *G. barbadense*. Proceedings of the International Cotton Advisory Committee, New Delhi, Inde, 21-24.

MURUGESAN M., GNANAMURTHY P., MURUGESAN S., MORACHAN Y.B., SUBRAMANIAN A.S., 1977. Sampling for estimating aphid population in entomological experiments. Madras Agricultural Journal, 64, 819-821.

NASSAR S.A., EL-SAWAF S.K., HAMMAD S.M., ZAZOU H., 1962. The morphology of the cotton aphid *Aphis gossypii* Glover (Homoptera, Aphididae). Alexandria Journal of Agricultural Research, 10, 133-144.

NATARAJAN K., SUNDARAMURTHY V.T., CHIDAMBARAM P., 1991. Usefulness of fish oil rosin soap in the management of whitefly and other sap feeding insects of cotton. Entomon, 16, 229-232.

NAVAJAS M., GUTIERREZ J., FOURNIER D., BOURSOT P., 1993. Molecular phylogeny and morphological evolution in phytophagous mites (Acari : Tetranychidae). 4th Congress of the European Society for evolutionary Biology, Montpellier, France, 22-28 August 1993, 321.

NDERITU J.H., MUEKE J.M., 1986. Field evaluation of foliar and soil insecticides for the control of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera : Aphididae) on potatoes in Kenya. Insect Science and its Application, 7, 667-675.

NEW T.R., 1988. Neuroptera. In : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), Aphids : their biology, natural enemies and control. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2B, 249-258.

NEWSOM L.D., SMITH C.E., 1949. Destruction of certain insect predators by applications of insecticides to control cotton pests. Journal of Economic Entomology, 42, 904-908.

NGO N.D., MOORE S.T., MINTON B.W., BACHMAN W.W., ALLEMANN D.V., 1995. CGA 215944 for control of *Aphis gossypii* Glover in cotton. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 895-899.

NIELSEN M.G., SKYBERG N., WINTHER L., 1976. Studies on *Lasius flavus*. I : Population density, biomass and distribution of nests. Entomologiske Meddelelser, 44, 65-75.

NIJVELDT W., 1988. Cecidomyiidae. In : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), Aphids : their biology, natural enemies and control. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2B, 271-277.

NIMBALKAR S.A., UNDIRWADE D.B., DHURVE S.B., NANDANWAR V.N., 1993. Effect of combined application of insecticides with fungicides on the resurgence of cotton aphid. Journal of Soils and Crops, 3, 99-101.

NONVEILLER G., 1984. Catalogue des insectes du Cameroun d'intérêt agricole. Institut pour la protection des plantes, Beograd, Mémoire XV, 210 p.

NORDLUND D.A., MORRISON R.K., 1990. Handling time, prey preference, and functional response for *Chrysoperla rufilabris* in the laboratory. Entomologia Experimentalis et Applicata, 57, 237-242.

NORMAN J.W. Jr, RILEY D.G., SPARKS A.N., LESER J.F., 1993. Texas suggestions for managing sweetpotato whitefly and aphids in cotton. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, New Orleans, Louisiane, Etats-Unis, 36-37.

NOUR M.A., 1960. On leaf curl of cotton in the Philippines. FAO Plant Protection Bulletin, 8, 55-56.

NOZATO K., 1987. Take-off behavior of the alatae in *Aphis gossypii* Glover (Homoptera : Aphididae). Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology, 31, 305-308.

NOZATO K., 1990. Behavioral traits of *Aphis gossypii* Glover alatae Homoptera Aphididae in relation to its flights and reproduction. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology, 34, 121-126.

O'BRIEN P.J., ABDEL-AAL Y.A., OTTEA J.A., GRAVES J.B., 1992a. Relationship of insecticide resistance to carboxylesterases in *Aphis gossypii* (Homoptera : Aphididae) from midsouth cotton. Journal of Economic Entomology, 85, 651-657.

O'BRIEN P.J., HARDEE D.D., GRAFTON-CARDWELL E.E., 1990. Screening of *Aphis gossypii* for insecticide tolerance. Insecticide and Acaricide tests, 15, 254-255.

- O'BRIEN P.J., LEONARD B.R., GRAVES J.B., 1991. Population dynamics of *Aphis gossypii* Glover. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 2, 686-687.
- O'BRIEN P.J., STOETZEL M.B., LEONARD B.R., GRAVES J.B., 1992b. Taxonomy and biology of *Aphis gossypii* in the mid South. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, Memphis, Tennessee, Etats-Unis, 646-648.
- ONU I., 1989. Current status of cotton pests management in Nigeria. Actes de la 1^{re} conférence de la recherche cotonnière africaine, tome 2, Lomé, Togo, 147-156.
- Organisation internationale de lutte biologique contre les animaux et les plantes nuisibles, 1977. Vers la production intégrée par la lutte intégrée. Bulletin OILB-SROP, 1977-4, 163 p.
- LOUDINOT O., 1988. Expérimentations sur la technique de pulvérisation très bas volume 10 l/ha à l'eau, en culture cotonnière au Nord-Cameroun. Mémoire de fin d'études, CNEARC, Montpellier, France, 64 p.
- PADDOCK F.B., 1919. The cotton or melon louse. Texas Agricultural Experiment Station Bulletin, n° 257, 54 p.
- PARENIA C.R., 1988. Control of early-season cotton insects in perspective. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, New Orleans, Louisiane, Etats-Unis, 223-228.
- PARKER R.D., HUFFMAN R.L., 1991. Effects of early season aphid infestations on cotton yield and quality under dryland conditions in the Texas bend. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 702-704.
- PATCH E., 1925. The melon aphid. Life history studies. Maine Agricultural Experiment Station Bulletin, n° 326, 185-196.
- PATIL B.V., THIMMAIAH G., THYAGRAJAN K.S., HARDCASTLE M.J., 1991. Conservation of ecosystem with higher profit through integrated pest management in cotton. Entomon, 16, 291-300.
- PAWAR A.D., 1990. Role of natural enemies in cotton pest management. Plant Protection Bulletin (Faridabad), 42, 25-27.
- PAWAR V.M., SHIRSHIKAR S.P., SEERAS N.R., 1989. Efficacy of butocarboxim (Drawin 50 EC) and cartap (Padan 50 WP) against sucking pests of H-4 cotton. Pestology, 13, 15-17.
- PEARSON E.O., 1958. The insects pests of cotton in tropical Africa. Institute of Entomology, Eastern Press, Londres, Royaume Uni, 227-232.
- PENDERGRASS J., 1989. An overview of pest management in cotton in the USA. In : GREEN M.B., de LYON D.J. (eds), Pest management in cotton, Ellis Horwood Limited Publishers, Chichester, Royaume Uni, 11-15.
- PEREZ K., ROBERT Y., 1984. Observaciones sobre estacionalidad de vuelos de afidos cubanos y particularmente de *Myzus persicae* (Sulz.) en cultivo de patata. Agronomie, 4, 161-169.
- PERKINS H.H., 1983. Identification and processing of honeydew contaminated cottons. Textile Research Journal, August, 508-512.
- PIERRE J.S., DEDRYVER C.A., 1984. Un modèle de régression multiple appliqué à la prévision des pullulations d'un puceron des céréales, *Sitobion avenae* F., sur blé d'hiver. Acta Oecologica, Oecologica Generalis, 5, 153-172.
- PIERRE J.S., GUILLOME M., QUERRIEN M.T., 1986. Une méthode statistique et graphique de recherche des périodes de l'année, où les populations animales sont particulièrement sensibles à une composante donnée du climat (périodes critiques). Adaptation au cas des pucerons des céréales. Acta Oecologica, Oecologica Generalis, 7, 365-380.
- PINCHARD V., CAUQUIL J., 1992. La protection chimique du cotonnier en Afrique francophone : bilan critique et évolution possible. Revue Scientifique du Tchad, 2, 93-96.
- PLAPP F.W. jr, 1993. Alternate strategies for insect control and resistance management : possibilities and future prospects. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, New Orleans, Louisiane, 698-701.

- POLLARD D.G., SAUNDERS J.H., 1956. Relations of some cotton pests to jassid resistant sakel. *Empire Cotton Growing Review*, 33, 197-202.
- PONTIN A.J., 1958. A preliminary note on the eating of aphids by ants of the genus *Lasius*. *Entomologist's Monthly Magazine*, 95, 154-155.
- PONTIN A.J., 1978. The numbers and distribution of subterranean aphids and their exploitation by the ant *Lasius flavus*. *Ecological Entomology*, 3, 203-207.
- POTTS M.J., GUNADI N., 1991. The influence of intercropping with *Allium* on some insect in potato (*Solanum tuberosum*). *Annals of Applied Biology*, 119, 207-213.
- PRICE J.R., SLOSSER J.E., PUTERKA G.J., 1983. Cotton aphid control, Chillicothe, TX, 1981. *Insecticide and Acaricide Tests*, 8, 197-198.
- PRILOP H., 1961. Zur Frage des Wirtswechsels der Gurkenblattlaus zwischen Faulbaum (*Frangula alnus* Miller) und Kartoffel. *Anzeiger für Schädlingskunde*, 34, 106-110.
- QI-MING P., TIAN-SHE W., LIN-SHUI C., 1986. Influence of temperature on the rate of reproduction of cotton aphids. *Acta Entomologica Sinica*, 29, p. 370.
- QUIOT J.-B., LABONNE G., MARROU J., 1982. Controlling seed and insect-borne viruses. In : HARRIS K.F., MARAMOROSCH K. (eds), *Pathogens, vectors, and plant diseases : Approaches to control*. Academic Press, New York, London, 95-122.
- RADEV R., 1965. On the overwintering of the cotton leaf aphid. *Rastitelna Zashita*, 13, 7-8.
- RADEV R., 1968. Etude de la bioécologie de *Aphis gossypii* Glover parasite du cotonnier. Etude de plantes. *Rastitelna Zashita*, 5, 109-130.
- RAI P.C., RAI L., SINGH N.N., NATH P., 1991. Population distribution of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover on chilli crop. *Journal of Aphidology. Proceedings of the Fourth National Symposium on Aphidology*, Shimla, Inde, 73-77.
- RAKOTOFIRINGA H., 1989. *Spodoptera littoralis* en culture cotonnière Malagasy. Actes de la 1^{re} conférence de la recherche cotonnière africaine, tome 2, Lomé, Togo, 165-172.
- RASMY A.H., HASSIB M., 1974. Influence of plant nitrogen supply on the populations of some cotton pests. *Applied Entomology and Zoology*, 9, 48-49.
- RATCHFORD K.J., BURRIS E., LEONARD B.R., GRAVES J.B., 1989. Evaluation of infurrow fungicide, insecticide, and starter fertilizer treatments for effects on early season cotton pests and yields. *Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference*, Nashville, Tennessee, Etats-Unis, 293-295.
- RAYCHAUDHURI D.N., PAL P.K., GHOSH A.K., 1980. Taxonomic accounts of the subfamilies. In : RAYCHAUDHURI D.N. (ed), *Aphids of North-East India and Bhutan*. The Zoological Society, Calcutta, Inde, 521 p.
- RAYWORTH D.A., 1984. Population dynamics of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (Homoptera : Aphididae) at Vancouver, British Columbia. V. A simulation model. *The Canadian Entomologist*, 116, 895-911.
- REED D.K., WEBSTER J.A., JONES B.G., BORD J.D., 1991. Tritrophic relationships of Russian wheat aphid (Homoptera : Aphididae), a hymenopterous parasitoid (*Diaeretiella rapae* McIntosh), and resistant and susceptible small grains. *Biological Control*, 1, 35-41.
- REED J.T., GRANT R.R., 1991. Cotton aphids : control trends based on small plot insecticide trials in Mississippi. *Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference*, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 691-692.
- REGUPATHY A., SUBRAMANIAM T.R., 1980. Efficacy of aldicarb in relation to the time of its application to control aphids and leafhoppers on 'MCU 5' cotton. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 50, 82-83.
- REGUPATHY A., SUBRAMANIAM T.R., 1982. Performance of aldicarb and its metabolites against cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 52, 130-134.

- REMAUDIÈRE G., 1971. Vers l'utilisation pratique des entomophthorales parasites du puceron. *Parasitica*, 27, 115-126.
- REMAUDIÈRE G., 1985. Reconnaissance des principaux pucerons de la région éthiopienne. *In* : REMAUDIÈRE G., AUTRIQUE A. (eds), Contribution à l'écologie des aphides africains. Études FAO, production végétale et protection des plantes, n° 64, Rome, Italie, 141-173.
- REMAUDIÈRE G., REMAUDIÈRE M., 1997. Catalogue des Aphididae du monde (Homoptera, Aphidoidea). Institut national de la recherche agronomique, Paris, France, 475 p.
- REMAUDIÈRE G., AUTRIQUE A., 1985. Ecologie des aphides du Burundi. *In* : REMAUDIÈRE G., AUTRIQUE A. (eds), Contribution à l'écologie des aphides africains. FAO, Rome, Italie, 11-75.
- REMAUDIÈRE G., AYMONTIN G., AUTRIQUE A., 1985. Les plantes hôtes des aphides africains. *In* : REMAUDIÈRE G., AUTRIQUE A. (eds), Contribution à l'écologie des aphides africains. FAO, Rome, Italie, 103-139.
- REMAUDIÈRE G., ÉTIENNE J., 1987. Les Aphididae (Hom.) des îles et archipels de l'océan Indien. *L'Agronomie tropicale*, 43, 327-346.
- REMAUDIÈRE G., LATGÉ J.-P., MICHEL M.-F., 1981. Ecologie comparée des entomophthoracées pathogènes de pucerons en France littorale et continentale. *Entomophaga*, 26, 157-178.
- REMAUDIÈRE G., LECLANT F., 1972. Nouveaux *Drepanosiphoniella*, *Macrosiphoniella* et *Aphis* du bassin méditerranéen et du massif alpin (Hom. Aphididae). *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)*, 8, 73-109.
- REMAUDIÈRE G., QUEDNAU W., 1988. Description de deux *Pterasthenia* nouveaux et révision des *Pterastheniidae* subfam. nov. (Homoptera : Aphididae). *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)*, 24, 47-57.
- REMAUDIÈRE G., SECO FERNANDEZ V., 1990. Claves de pulgones alados de la región mediterránea. Universidad de Leon, Espagne, 2 vol., 205 p.
- REMAUDIÈRE G., STROYAN H.L.G., 1984. Un *Tamalia* nouveau de Californie (Etats-Unis). Discussion sur les *Tamaliinae* subfam. nov. (Hom. Aphididae). *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)*, 20, 93-103.
- RENOU A., ASPIROT J., 1984. Considérations sur l'utilisation de pyréthrinoides en culture cotonnière au Tchad. *Coton et Fibres Tropicales*, 34, 101-109.
- RENOU A., BORCHARD A., EKUKOLE G., 1987. Rapport annuel 1984-1985. Section entomologie, programme plantes textiles, Institut de la recherche agronomique, Centre de Maroua, Cameroun. IRCT, Montpellier, France, 41 p.
- RENOU A., CHENET T., 1988. Efficacité de la biphenthrine en culture cotonnière au Nord-Cameroun. *Coton et Fibres Tropicales*, 43, 227-231.
- RENOU A., DEGUINE J.P., 1992. Ravageurs et protection de la culture cotonnière au Cameroun. *Coton et Fibres Tropicales*, Série documents, études et synthèses, n°13, 26 p.
- RENOU A., MARTIN T., GOPAYE I., 1991. Rapport de synthèse. Recherches phytosanitaires. Cotonniers à glands à gossypol. Campagne 1991, Tchad, Bébédjia, CIRAD-CA, Montpellier, France, 92 p.
- RENSING C., SZTOR E., 1992. Les techniques d'enrobage et de pelliculage. Evolution des traitements de semences. *Phytoma- La défense Des Végétaux*, 441, 16-20.
- REUTER O.M., 1913. *Lebensgewohnheiten und Instinkte der Insekten*. R. Friedlander, Berlin, Allemagne, 488 p.
- REYNOLDS H.T., ADKINSON P.L., SMITH R.F., 1975. Cotton insect pest management. *In* : METCALF R.L., LUCKMANN W. (eds), Introduction to pest management, John Wiley, New York, Etats-Unis, 397-443.
- RICHARDS W.R., 1965. The Callaphidini of Canada (Homoptera, Aphididae). *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 44, 1-149.

- RICHARDS W.R., 1968. A revision of the world fauna of *Tuberculatus*, with descriptions of two new species from China (Homoptera, Aphididae). The Canadian Entomologist, 100, 561-596.
- RIPPER W.E., GEORGE L., 1965. Cotton pests of Sudan. Blackwell Scientific Publications, Oxford, Royaume Uni, 341 p.
- RISBEC J., 1950. I La faune entomologique des cultures au Sénégal et au Soudan français. II Contribution à l'étude des Proctotrupidae. Gouvernement général de l'Afrique occidentale française, 498 p.
- RISCH S.J., 1987. Agricultural ecology and insect outbreaks. In : BARBOSA P., SCHULTZ J.C. (eds), Insect outbreaks, Academic Press, San Diego, Etats-Unis, 217-238.
- ROBERT Y., 1976. Distribution spatio-temporelle des pucerons de la pomme de terre en zone bocagère et en zone arasée. In : Les bocages : histoire, écologie, économie. Edifat-Opida, Echauffour, 476-483.
- ROBERT Y., 1987a. Aphid vector monitoring in Europe. In : HARRIS K.F. (ed), Current topics in vector research. Springer Verlag, New-York, Etats-Unis, 3, 81-129.
- ROBERT Y., 1987b. Dispersion and migration. In : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), Aphids: their biology, natural enemies and control, Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas, vol. 2 A, 299-313.
- ROBERT Y., 1988a. Particularités éthologiques des aphides. Cycles. Comportement de vol. Annales de l'Association nationale de protection des plantes, 2, 61-70.
- ROBERT Y., 1988b. Les techniques de piégeage. Intérêt. Limites. Interprétation. Annales de l'Association nationale de protection des plantes, 2, 71-81.
- ROBERT Y., DEDRYVER C.A., PIERRE J.-S., 1988. Sampling techniques. In : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), Aphids : their biology, natural enemies and control. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2B, 1-20.
- ROBERT Y., ROUZÉ-JOUAN J., 1975. Etudes des populations ailées de pucerons des céréales, *Acyrtosiphon (Metopolophium) dirhodum* WLK, *A. (M.) festucae* WLK, *Macrosiphum (Sitobion) avenae* F., *M. (S.) fragariae* WLK et *Rhopalosiphum padi* L., en Bretagne de 1967 à 1975 : examen des possibilités de prévision des attaques. Comptes rendus des séances de l'Académie d'agriculture de France, 61, 1006-1016.
- ROBERT Y., ROUZE-JOUAN J., 1978. Recherches écologiques sur les pucerons *Aulacorthum solani* Kltb, *Macrosiphum euphorbiae* Thomas et *Myzus persicae* Sulz. dans l'ouest de la France. I Etude de l'activité de vol de 1967 à 1976 en culture de pomme de terre. Annales de Zoologie- Ecologie Animale, 10, 171-185.
- ROBERTI D., 1946. Monografia dell'Aphis (*Doralis*) *frangulae* Koch. Parte I. Morfologia, anatomia, istologia. Bolletino del Laboratorio di Entomologia Agraria di Portici, 6, 125-312.
- ROISTACHER C.N., NAUER E.M., KISHABA A., CALAVAN E.C., 1980. Transmission of citrus tristeza virus by *Aphis gossypii* reflecting changes in virus transmissibility in California. In : CALAVAN E.C., GARNSEY S.M., TIMMER L.W. (eds), Proceedings of the 8th Conference of the International Organisation of Citrus Virologists, Riverside, 76-82.
- ROSENHEIM J.A., 1995. Cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover) on early-season cotton : the anatomy of a non-pest. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 998-1003.
- ROSENHEIM J.A., WILHOIT L.R., 1993. Predators that eat other predators disrupt cotton aphid control. California Agriculture, 47, 7-9.
- ROTSCHILD G.H.L., 1963. Records of hymenopterous parasites and hyperparasites of certain fruit-tree aphids. Entomologist's Monthly Magazin London, 99, 126-127.
- ROUSSEL J.S., CLOWER D.F., 1955. Resistance to the chlorinated hydrocarbon insecticides in the boll weevil (*Anthonomus grandis* Boh.) Louisiana Agricultural Experiment Station, Circular 41, 1-9.
- ROY D.K., BEHURA B.K., 1983. Notes of host-plants, feeding behaviour, infestation and ant attendance of cotton aphids, *Aphis gossypii* Glov. Journal of the Bombay Natural History Society, 80, 654-656.

SAITO, 1989. Insecticide resistance of the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover, (Hemiptera : Aphididae). I Susceptibility to several insecticides and esterase activity of field populations collected in the Shizuoka Prefecture. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 33, 204-210.

SAMHAN I.J.A., 1990. Morphology, population dynamics of *Aphis gossypii* Glover and reproduction biology of *Myzus persicae* (Sulzer) on peppers. Thesis Master of Science, University of Jordan, Amman, 117 p.

SANBORN C.E., 1912. The cotton or melon aphid. Oklahoma Agricultural Experiment Station, Bulletin, 98, 1-20.

SARTOR C., YOUNG D., HAMER J., MITCHELL H.C., 1976. Cotton scouting manual. Mississippi State Extension Service Publication, n° 998, 20 p.

SATOH G.T., PLAPP F.W., SLOSSER J.E., 1995. Potential of juvenoid insect growth regulators for managing cotton aphids (Homoptera : Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, 88, 254-258.

SATPUTE U.S., PESHKAR L.N., BHALERAU P.D., SARAG D.G., 1989. Effect of modern insecticides on sucking pests of cotton when used for control of bollworms. *Pestology*, 13, 5-6.

SAWICKI R.M., 1986. Les insectes et la résistance aux insecticides. Solutions actuelles et perspectives. Actes du IV^e congrès sur la protection de la santé humaine et des cultures en milieu tropical, Marseille, France, 206-214.

SAWICKI R.M., DENHOLM I., 1987. Management of resistance to pesticides in cotton pests. *Tropical Pest Management*, 33, 262-272.

SAWYER A.J., GRIGGS M.H., WAYNE R., 1994. Dimensions, density and settling velocity of entomophthoralean, conidia : implications for aerial dissemination of spores. *Journal of Invertebrate Pathology*, 63, 43-55.

SCHMUTTERER H., 1969. Pests of crops in Northeast and Central Africa with particular reference to the Sudan. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, Allemagne, 296 p.

SEKHAR P.S., 1957. Mating, oviposition and discrimination of hosts by *Aphidius testaceipes* Cresson and *Praon aguti* Smith, primary parasites of aphids. *Annals of the Entomological Society of America*, 50, 370-375.

SELIM A.A., EMAM A.K., 1993. Effect of certain aphicides on growth of cotton seedlings, control of cotton aphid *Aphis gossypii* (Glov.) and certain fiber characters. *Annals of Agriculture Science*, University of Ain Shams, Egypte, 38, 311-317.

SHAPOSHNIKOV G.K., 1964. Aphidinea- Tli. In : BEI-BIENKO G.Y., *Opredelitel' Nasekomykh Evropeiskoi Chasti SSSR. Izdatel'stvo « Nauka », Moskva, Leningrad, I, 489-616 (en russe). Aphidinea, plant lice. In : BEI BIENKO G.Ya. (ed), Keys to the insects of the European USSR, vol. I, 616-799. Academy of Sciences of the USSR, Zoological Institute (Translated from Russian by Israël Program for Scientific Translation, 1967).*

SHAW M.J.P., 1970. Effects of population density on alienicolae of *Aphis fabae* Scop. II The effects of crowding on the expression of migratory urge among alatae in the laboratory. *Annals of Applied Biology*, 55, 197-203.

SHIBATA B., 1955. Ecological studies of plant lice (9) with special reference to the ecological cycle. *Bulletin of the College of Agriculture, Utsunomiya University*, 3, 1-8 (en japonais avec résumé en anglais).

SHIM J.Y., PARK J.S., PAIK W.H., 1979. Studies on the life history of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera). *Korean Journal of Plant Protection*, 18, 85-88.

SHIMAZU M., 1977. Infectivity of *Entomophthora delphacis* (Entomophthorales : Entomophthoraceae) to the cotton aphid, *Aphis gossypii* (Hemiptera : Aphididae). *Applied Entomology and Zoology*, 12, 200-201.

SHIOKAWA K., TSUBOI S., IWAYA K., MORIYA K., 1994. Development of chloronicotinyl insecticide, imidacloprid. *Journal of Pesticide Science*, 19, 329-332.

SILVIE P., 1989. Statut des principaux ravageurs du cotonnier. Actes de la 1^{re} conférence de la recherche cotonnière africaine, tome 2, Lomé, Togo, 30-37.

- SILVIE P., 1995. Ennemis naturels des ravageurs du cotonnier en Afrique : où en sommes-nous ? Actes de la réunion de coordination phytosanitaire cultures annuelles. Afrique de l'Ouest, Bamako, Mali, 259-280.
- SILVIE P., DEGUINE J.P., 1987. Rapport annuel. Campagne 1987-1988. Section entomologie, Tchad, Bébédjia. IRCT, Montpellier, France, 147 p.
- SILVIE P., DELVARE G., MALDÈS J.M., 1989. Arthropodes associés à la culture cotonnière au Tchad : ravageurs, prédateurs et parasites. Coton et Fibres Tropicales, 44, 275-290.
- SILVIE P., PAPIEROK B., 1991. Les ennemis naturels d'insectes du cotonnier au Tchad : premières données sur les champignons de l'ordre des entomophthorales. Coton et Fibres Tropicales, 46, 293-303.
- SILVIE P., SOGNIGBE B., 1993. Use of action thresholds on cotton crops in northern Togo. International Journal of Pest management, 39, 51-56.
- SILVIE P., SOGNIGBE B., POUTOULI W., 1991. Etude de l'entomofaune dans la succession culturale : maïs, coton, niébé. Résultats de l'année 1988. Station d'Anié-Mono. Ministère du développement rural. Mission de recherche du coton et des textiles exotiques. IRCT, Anié, Togo, 48 p.
- SINGH J., DHALIWAL Z.S., SANDHU S.S., SIDHU A.S., 1990. Temporal changes in the dispersion of populations of three homopterous insect pests of Upland cotton. Insect Science and its Application, 11, 73-77.
- SLOSSER J.E., 1993. Influence of planting date and insecticide treatment on insect pest abundance and damage in dryland cotton. Journal of Economic Entomology, 86, 1213-1222.
- SLOSSER J.E., PINCHAK W.E., RUMMEL D.R., 1989. A review of known and potential factors affecting the population dynamics of the cotton aphid. Southwestern Entomologist, 14, 302-323.
- SLOSSER J.E., PINCHAK W.E., RUMMEL D.R., 1992. Population development and regulation of the cotton aphid. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, Memphis, Tennessee, Etats-Unis, 649-651.
- SMITH F.F., WEBB R.E., 1969. Repelling aphids by reflective surface, a new approach to the control of insect-transmitted viruses. In : MARAMOROSCH K, Viruses, vectors, and vegetation, J. Wiley and Sons (interscience publishers), New York, Etats-Unis, 631-639.
- SMITH R.F., 1971. Economics of pest control. Proceedings of the Tall Timbers Conference on Ecological Animal Control by Habitat Management, Tallahassee, Florida, 3, 21-123.
- SMITH R.K., 1988. The « Electrodyn » sprayer : matching the technology to contrasting areas of small holder agriculture. Chemistry and Industry, 6, 196-199.
- SMITH R.K., 1989. The « Electrodyn » sprayer as a tool for rational pesticide management in smallholder cotton. In : GREEN M.B., de LYON D.J. (eds), Pest management in cotton, Ellis Horwood limited Publishers, Chichester, 226-246.
- SNODGRASS G.L., 1991. *Deraeocoris nebulosus* (Heteroptera : Miridae) : little known predator in cotton in the Mississippi delta. Florida Entomologist, 74, 340-344.
- SOGNIGBE B., SILVIE P., 1990. Etude de l'entomofaune dans la succession culturale : maïs, coton, niébé, jachère. Synthèse des résultats acquis en 1988 et 1989. Station d'Anié-Mono. Ministère du développement rural. Mission de recherche du coton et des textiles exotiques. IRCT, Anié, Togo, 57 p.
- SORIN M., 1975. Aphids of fruit trees in Japan (1). Rostria Transactions of the Hemiptera Society of Japan, 25, 167-169 (en japonais).
- STAM P.A., ABDELRAHMAN A.A., MUNIR B., 1994. Comparisons of control action thresholds for *Heliothis armigera*, *Bemisia tabaci* and *Aphis gossypii* on cotton in the Sudan Gezira and Rahad regions. Crop Protection, 13, 503-512.
- STARÝ P., 1970. Biology of aphid parasites (Hymenoptera : Aphididae) with respect to integrated control. Series entomologica, vol. 6, W. JUNK, The Hague, Pays-Bas, 643 p.
- STARÝ P., 1987. Aphid-ant-parasitoid association on the creeping thistle *Cirsium arvense* in agroecosystems in Czechoslovakia. Acta Entomologica Bohemoslovaca, 84, 15-21.

- STARÝ P., 1988a. Aphidiidae. In : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), *Aphids : their biology, natural enemies and control*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2B, 171-184.
- STARÝ P., 1988b. Aphelinidae. In : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), *Aphids : their biology, natural enemies and control*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2B, 185-188.
- STARÝ P., LYON J.-P., LECLANT F., 1988. Biocontrol of aphids by the introduced *Lysiphlebus testaceipes* (Cress.) (Hym., Aphidiidae) in Mediterranean France. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 105, 74-87.
- STARÝ P., REMAUDIÈRE G., AUTRIQUE A., 1985. Les Aphidiides parasites de pucerons en région éthiopienne. In : REMAUDIÈRE G., AUTRIQUE A. (eds), *Contribution à l'écologie des aphides africains*, FAO, Rome, Italie, 95-102.
- STEINKRAUS D.C., 1993. The cotton aphid and its nemesis, *Neozygites fresenii*. *Proceedings of the Society for the Invertebrate Pathology*, Asheville, Caroline du Nord, Etats-Unis, 46.
- STEINKRAUS D.C., HOLLINGSWORTH R.G., 1994. Predicting epizootics of *Neozygites fresenii*, a fungal pathogen of cotton aphids. *Arkansas Farm Research*, 43, 10-11.
- STEINKRAUS D.C., HOLLINGSWORTH R.G., BOYS G.O., 1996. Aerial spores of *Neozygites fresenii* (Entomophthorales : Neozygitaceae) : density, periodicity, and potential role in cotton aphid (Homoptera : Aphididae) epizootics. *Environmental Entomology*, 25, 48-57.
- STEINKRAUS D.C., HOLLINGSWORTH R.G., SLAYMAKER P.H., 1995. Prevalence of *Neozygites fresenii* (Entomophthorales : Neozygitaceae) on cotton aphids (Homoptera : Aphididae) in Arkansas cotton. *Environmental Entomology*, 24, 465-474.
- STEINKRAUS D.C., KRING T.J., TUGWELL N.P., 1991. *Neozygites fresenii* in *Aphis gossypii* on cotton. *Southwestern Entomologist*, 16, 118-122.
- STEINKRAUS D.C., ROSENHEIM J., 1995. Biological factors influencing the epizootiology of cotton aphid fungus. *Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference*, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 887-889.
- STEINKRAUS D.C., SLAYMAKER P.H., 1994. Effect of temperature and humidity on formation, germination, and infectivity of conidia of *Neozygites fresenii* (Zygomycetes : Neozygitaceae) from *Aphis gossypii* (Homoptera : Aphididae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 64, 130-137.
- STEINKRAUS D.C., SLAYMAKER P.H., TUGWELL N.P., 1993. Role of *Neozygites fresenii* for cotton aphid control. *Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference*, Memphis, Tennessee, Etats-Unis, 741-743.
- STEINKRAUS D.C., SLAYMAKER P.H., TUGWELL N.P., 1992. Fungal epizootics in the cotton aphid. *Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference*, New Orleans, Louisiane, Etats-Unis, 821-822.
- STEWART L., DIXON A.F.G., 1988. Quantification of the effect of natural enemies on the abundance of aphids : precision and statistics. *Ecology and Effectiveness of Aphidophaga*, 187-197.
- STROYAN H.L.G., 1984. Aphids. Pterocommatinae and Aphidinae (Aphidini). Homoptera : Aphididae. In : FITTON M.G. (ed), *Handbooks for the identification of british insects*, 2, 6, Royal Entomological Society, London, 232 p.
- SUDD J.H., 1967. An introduction to the behaviour of ants. Edward Arnold, Londres, Royaume Uni, 200 p.
- SUDD J.H., 1987. Ant aphid mutualism. In : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), *Aphids : their biology, natural enemies and control*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2A, 355-365.
- SULLIVAN D.J., 1988. Hyperparasites. In : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), *Aphids : their biology, natural enemies and control*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2B, 189-203.
- SUNBY R.A., 1966. A comparative study of the efficiency of three predatory insects *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera, Coccinellidae), *Chrysopa carnea* St. (Neuroptera, Chrysopidae) and *Syrphus ribesii* L. (Diptera, Syrphidae) at two different temperatures. *Entomophaga*, 11, 395-404.

- SUNDERLAND K.D., 1988. Carabidae and other invertebrates. *In* : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), *Aphids : their biology, natural enemies and control*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2B, 293-310.
- SURULIVELU T., KUMARASWAMI T., 1990. Effect of different formulations and methods of application of insecticides on some sucking pests and their predator in cotton. *Journal of Biological Control*, 4, 25-30.
- SWAMIAPPAN M., JAYARAJ S., SUBRAMANIAM T.R., 1974. Control of aphid *Aphis gossypii* G. with systemic granular insecticides. *Madras Agricultural Journal*, 61, 181-182.
- TAKADA H., 1988. Interclonal variation in the photoperiodic response for sexual morph of Japanese *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 106, 188-197.
- TAKADA H., HASHIMOTO Y., 1983. Life history and association with ants of *Aclitus sappaphis* Takada et Shiga and *Paralipsis eikoe* (Yasumatsu) (Hymenoptera, Aphididae) parasitizing the root aphid *Sappaphis piri* Matsumura (Homoptera, Aphididae). *Kontyu*, 51, 509-519.
- TAKADA H., MURAKAMI Y., 1988. Esterase variation and insecticide resistance in Japanese *Aphis gossypii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 48, 37-41.
- TAMAKI G., ALLEN W.W., 1969. Competition and other factors influencing the population dynamics of *Aphis gossypii* and *Macrosiphoniella sanborni* on greenhouse chrysanthemums. *Hilgardia*, 39, 447-505.
- TAO C.C., CHIU S.C., 1971. Biological control of citrus, vegetables and tobacco aphids. The Taiwan Agricultural Research Institute, Taipei, Special publication n° 10, 110 p.
- TARR S.A.J., 1964. Virus diseases of cotton. Miscellaneous publication, n° 18, Commonwealth Mycological Institute, Kew, 23 p.
- TAYLOR L.R., 1951. An improved suction trap for insects. *Annals of Applied Biology*, 38, 582-591.
- TAYLOR L.R., 1965. Flight behaviour and aphid migration. *Proceedings of the North Central Branch of the Entomological Society of America*, 20, 9-19.
- TAYLOR L.R., 1981. Editor's preface. *In* : TAYLOR L.R. (eds), *Euraphid Rothamsted 1980. Aphid forecasting and pathogens and a handbook for aphid identification*. Rothamsted experimental station, Harpenden, 3.
- TAYLOR L.R., 1983. Euraphid : synoptic monitoring for migrant aphid. *In* : PLUMB R.T., THRESH J.M. (eds), *Plant virus epidemiology : the spread and control of insect-borne viruses*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, Royaume Uni, 133-146.
- TAYLOR L.R., 1986. The distribution of virus disease and the migrant vector aphid. *In* : McLEAN G.D., GARRETT R.G., RUESINK W.G. (eds), *Plant virus epidemics : monitoring, modelling and predicting outbreaks*. Academic Press Australia, North Ryde, N.S.W., 35-57.
- TAYLOR L.R., PALMER J.M.P., 1972. Aerial sampling. *In* : VAN EMDEN H.F. (ed), *Aphid technology*. Academic Press, London and New York, 189-234.
- TAYLOR L.R., PALMER J.M.P., DUPUCH M.J., COLE J., TAYLOR M.S., 1981. A handbook for the rapid identification of the alate aphids of Great Britain and Europe. *In* : TAYLOR L.R. (ed), *Euraphid 1980*. Rothamsted experimental station, Harpenden, Hertf., K1- K171.
- THEUNISSEN J., 1989. Integrated control of aphids in field-grown vegetables. *In* : MINKS A.K., HARREWIJN P. (eds), *Aphids : their biology, natural enemies and control*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2C, 285-289.
- THIEME T., STEINER H., BUSCH T., 1994. Vergleich der Blattlausfänge in verschiedenen Gelbschalen. *Nachrichtenblatt der Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 44, 201-208.
- THOMAS A.A.G., LUDLOW A.R., KENNEDY J.S., 1977. Sinking speeds of falling and flying *Aphis fabae* Scopoli. *Ecological Entomology*, 2, 315-326.
- THOMAS K.H., 1968. Die Blattläuse aus der engeren Verwandtschaft von *Aphis gossypii* Glover und *Aphis frangulae* Kaltenbach unter besonderer Berücksichtigung ihres Vorkommens an Kartoffel. *Entomologische Abhandlungen. Staatliches Museum für Tierkunde in Dresden*, 35, 337-389.

- THYGESEN T., 1968. The dispersal of apterous *Aphis gossypii* Glov. marked with P³². Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Sciences, 18, 196-198.
- TOLLERVEY F.E., 1989. Cotton lint quality and pest control. In : GREEN M.B., DE LYON D.J. (eds), Pest management in cotton, Ellis Horwood Limited Publishers, Chichester, Royaume Uni, 132-141.
- TRIVEDI T.P., GADEWAR A.V., 1990. A survey of aphids on potato in Karnataka. Mysore Journal of Agricultural Sciences, 24, 342-348.
- TSITSIPIS J.A., MITTLER T.E., 1976. Development, growth, reproduction and survival of apterous virginoparae of *Aphis fabae* at different temperatures. Entomologia Experimentalis et Applicata, 19, 1-10.
- TURNER R.B., 1971. Dietary amino acid requirement of cotton aphid *Aphis gossypii* : the sulphur containing amino acid. Journal of Insect Physiology, 17, 2451-2456.
- ULLAH K., 1978. The behaviour of several cotton cultivars to the attack of *Aphis gossypii* Glov. In : Analele Institutului de Cercetari pentru Protectia Plantelor, 14, 94-99.
- ULLAH K., 1979. Correlations between the number of individuals of the species *Aphis gossypii* Glov., the hair density of several varieties of cotton. Review of Applied Entomology, 67.
- VAISSAYRE M., 1970. Biologie du puceron du cotonnier *Aphis gossypii* Glover en conditions naturelles. Rapport de stage, ORSTOM, Montpellier, France, 53 p.
- VAISSAYRE M., 1983. L'association pyrèthrinoïde-organophosphoré pour la protection des cultures cotonnières : choix des proportions les plus efficaces. Coton et Fibres Tropicales, 38, 269-273.
- VAISSAYRE M., 1989. Spécificité et évaluation de l'efficacité des principales matières actives utilisées en culture cotonnière. Actes de la 1^{re} conférence de la recherche cotonnière africaine, tome 2, Lomé, Togo, 295-300.
- VAN DEN MEIRACKER R.A.F., HAMMOND W.N.O., VAN ALPHEN J.J.M., 1990. The role of kairomones in prey finding by *Diomus* sp., *Exochomus* sp., two coccinellid predators of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 56, 209-217.
- VAN EMDEN H.F., 1963. A field technique for comparing the intensity of mortality factor acting on the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homoptera Aphididae), in different areas of a crop. Entomologia Experimentalis et Applicata, 6, 53-62.
- VAN EMDEN H.F., 1966a. Studies on the relations of insect and host-plant. III A comparison of the reproduction of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Hemiptera : Aphididae) on brussels sprout plants supplied with different rates of nitrogen and potassium. Entomologia Experimentalis et Applicata, 9, 445-460.
- VAN EMDEN H.F., 1966b. The effectiveness of aphidophagous insects in reducing aphid population. In : HODEK I. (ed), Ecology of aphidophagous insects. Academia, Prague, République tchèque, 227-235.
- VAN EMDEN H.F., 1986. The interaction of plant resistance and natural enemies : Effects on populations of sucking insects. In : BOETHEL D.J., EIKENBARY R.D. (eds), Interactions of plant resistance and parasitoids and predators of insects, Ellis Horwood Ltd, Chichester, Royaume Uni, 138-150.
- VAN EMDEN H.F., 1988. The potential for managing indigenous natural enemies of aphids on field crops. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, 318, 183-201.
- VAN HOFF H.A., 1962. Observations on aphid flights in Surinam. Entomologia Experimentalis et Applicata, 5, 239-243.
- VAN LENTEREN J.C., WOETS J., 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. Annual Review of Entomology, 33, 239-269.
- VAN SCHELT J., DOUMA J.B., RAVENSBERG W.J., 1990. Recent developments in the control of aphids in weet pepper and cucumber. Bulletin OILB-SROP, XIII, 5, 190-193.
- VAN STEENIS M.J., 1992. Biological control of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) : pre-introduction evaluation of natural enemies. Journal of Applied Entomology, 114, 362-380.

- VAN STEENIS M.J., 1993. Intrinsic rate of increase of *Aphidius colemani* Viereck (Hym., Braconidae) a parasitoid of *Aphis gossypii* Glover (Hom. : Aphididae), at different temperatures. *Journal of Applied Entomology*, 116, 192-198.
- VAN STEENIS M.J., 1994. Intrinsic rate of increase of *Lysiphlebus testaceipes* Cresson (Hym., Braconidae), a parasitoid of *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) at different temperatures. *Journal of Applied Entomology*, 118, 399-406.
- VAN STEENIS M.J., 1995. Evaluation of four aphidiine parasitoids for biological control of *Aphis gossypii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 75, 151-157.
- VAN STEENIS M.J., EL-KHAWASS K.A.M.H., 1995a. Life history of *Aphis gossypii* in cucumber : influence of temperature, host plant and parasitism. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 76, 121-131.
- VAN STEENIS M.J., EL-KHAWASS K.A.M.H., 1995b. Behaviour of *Aphidius colemani* searching for *Aphis gossypii* : fonctionnal response and reaction to previously searched aphid colonies. *Biocontrol Science and Technology*, 5, 339-347.
- VAN TOL S., VAN STEENIS M.J., 1994. Host preference and host suitability for *Aphidius matricariae* Hal. and *A. colemani* Vier. (Hym. Braconidae), parasitizing *Aphis gossypii* Glov. and *Myzus persicae* Sulz. (Hom. : Aphididae). *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Universiteit Gent*, 59, 2a, 273-279.
- VENKATETAN S., BALASUBRAMANIAN G., JAYARAJ S., GOPALAN M., 1987. Studies of the efficacy of neem products against the aphid *Aphis gossypii* Glover on cotton. *Madras Agricultural Journal*, 74, 255-257.
- VERGHESE A., TANDON P.L., 1987. Interspecific associations among *Aphis gossypii*, *Menochilus sexmaculatus* and *Camponotus compressus* in a guava ecosystem. *Phytoparasitica*, 15, 289-297.
- VICKERMAN G.P., 1977. Monitoring and forecasting insect pests of cereals. *Proceeding of the 1977 British Crop Protection Conference*, 1, 227-234.
- VIERA F.V., SANTOS J.H.R., OLIVEIRA F.J., 1983. Influence of intercropping on the incidence of the aphid *Aphis gossypii* Glover on semi-perennial cotton. *Fitosanidade*, 5, 26-30.
- VILLAMAYOR F.G., 1976. Insect infestation and yield of cotton as affected by nitrogen fertilization. *Philippine Journal of Crop Science*, 1, 65-67.
- VILLEROY P., 1992. Gaucho et l'évolution des techniques d'application en traitement de semences. Document photocopié disponible, BAYER S.A., Puteaux, 14 p.
- VINSON S.B., SCARBOROUGH T.A., 1991. Interactions between *Solenopsis invicta* (Hymenoptera : Formicidae), *Rhopalosiphum maidis* (Homoptera : Aphididae) and the parasitoid *Lysiphlebus testaceipes* Cresson (Hymenoptera : Aphidiidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 84, 158-164.
- VÖLKL W., 1992. Aphids or their parasitoids. Who actually benefits from ant attendance ? *Journal of Animal Ecology*, 61, 273-281.
- WALL R.E., 1933. A study of color and colour-variation in *Aphis gossypii* Glover. *Annals of Entomological Society of America*, 26, 425-463.
- WANG C.S., 1993. Selection of a new aphid resistant and *Fusarium* wilt resistant cotton variety Chuanmian 109. *China Cottons*, 5, 17-18.
- WATSON J.S., 1989. Recent progress in breeding for insect resistance in cotton. In : GREEN M.B., de B. LYON D.J.(eds), *Pest management in cotton*. Ellis Horwood Publishers, Chichester, Royaume Uni, 44-52.
- WATSON M.A., HEATHCOTE G.D., 1965. The use of sticky traps and the relation of their catches of aphids to the spread of viruses in crop. *Report, Rothamsted Experiment Station*, 292-300.
- WAY M.J., 1963. The mutualism between ants and honeydew producing Homoptera. *Annual Review of Entomology*, 8, 307-344.
- WAY M.J., 1968. Intra-specific mechanisms with special reference to aphid populations. In : SOUTHWOOD T.R.E., *Insect Abundance*. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh, 18-36.

- WEATHERSBEE A.A., HARDEE D.D., 1993. Indices of relative abundance for the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover, and associated parasitoids, pathogens and predators on six cultivars. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, New Orleans, Louisiane, Etats-Unis, 733-737.
- WEATHERSBEE A.A., HARDEE D.D., 1994. Abundance of cotton aphids (Homoptera : Aphididae) and associated biological control agents on six cotton cultivars. Journal of Economic Entomology, 87, 258-265.
- WEATHERSBEE A.A., HARDEE D.D., MEREDITH W.R. Jr., 1995. Differences in yield response to cotton aphids (Homoptera : Aphididae) between smooth-leaf and hairy-leaf isogenic cotton lines. Journal of Economic Entomology, 88, 749-754.
- WEBER G., 1985. Genetic variability in host plant adaptation of the green peach aphid. Entomologia Experimentalis et Applicata, 38, 49-56.
- WEISMANN L., JASIC J., AFIFY A.M., ZAKI F.N., 1971. Populationsdynamik der Baumwollblattlaus *Aphis gossypii* Glover in Baumwollpflanzungen unter den ariden Bedingungen Oberägyptens. Biologica, seria Zoologia, 26, 601-610.
- WHEELER W.M., 1910. Ants, their structure, development and behaviour. Columbia University Press, New York, Etats-Unis, 663 p.
- WILDING N., 1970. *Entomophthora* conidia in air-spora. Journal of General Microbiology, 62, 149-157.
- WILDING N., 1981. Pest control by Entomophthorales. In : BURGESS H.D. (ed), Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980, Academic Press, London, 539-554.
- WILES J.A., JEPSON P.C., 1995. Dosage reduction to improve the selectivity of deltamethrin between aphids and coccinellids in cereals. Entomologia Experimentalis et Applicata, 76, 83-96.
- WILHOIT L.R., ROSENHEIM J.A., KRAG C.R., 1992. Impact of early-season aphid populations on cotton maturation, yield and fiber quality. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conference, Memphis, Tennessee, 945-947.
- WILLCOCKS F.C., BAHGAT S., 1937. The insect and related pests of Egypt. Royal Agricultural Society, Le Caire, Egypte, 339-368.
- WOLDA H., 1978. Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. Journal of Animal Ecology, 47, 369-381.
- WOLFENBARGER D.A., LUKEFAHR M.J., GRAHAM H.M., 1973. LD⁵⁰ values of methyl parathion and endrin to tobacco budworms and bollworms collected in the Americas and hypothesis on the spread of resistance in these lepidopterans to these insecticides. Journal of Economic Entomology, 66, 211-216.
- WU Q., 1986. Investigation on the fluctuations of dominant natural enemies populations in different cotton habitats and integrated application with biological agents to control cotton pests. Natural Enemies of Insects, 8, 29-34 (en chinois).
- WYATT I.J., BROWN S.J., 1977. The influence of light intensity, daylength and temperature on increase rates of four glasshouse aphids. Journal of Applied Ecology, 14, 391-399.
- XIA X.Y., STERLING W.L., 1987. Computer simulation of cotton aphid population dynamics. Acta Phytophylactica Sinica, 14, 151-156.
- YANO K., MIYAKE T., EASTOP V.F., 1983. The biology and economic importance of rice aphids (Hemiptera : Aphididae) : a review. Bulletin of Entomological Research, 73, 539-566.
- YOUNG M.T., GARRISON G.L., 1949. Aphid collections at Tallulah, Louisiana, from 1941 to 1947. Journal of Economic Entomology, 42, 993-994.
- ZETHNER O., 1995. Practice of integrated pest management in tropical and sub-tropical Africa : an overview of two decades (1970-1990). In : MENGECH A.N., SAXENA K.N., GOPALAN H.N.B., (eds), Integrated pest management in the Tropics. Current status and future prospects. John Wiley and Sons, Chichester, Royaume Uni, 1-67.
- ZHANG G.X., ZHONG T.S., 1990. Experimental studies in some aphid life-cycle patterns and hybridization of the sibling species. In : CAMPBELL R.K., EIKENBARY R.S. (eds), Aphid plant genotype interactions. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 37-50.

- ZHANG L.X., NIU X.T., WU M., 1987. A dynamic simulation model of the biological control system of cotton aphid. Proceedings of the 1st International Conference on Agricultural Systems Engineering, Changchun, China, 456-464.
- ZHANG Z.Q., CHEN P.R., 1991. Spring populations of *Aphis gossypii* (Homoptera : Aphididae) in cotton fields : to spray or not to spray ? Agriculture, Ecosystems and Environment, 35, 349-351.
- ZHANG Z.Q., CHEN P.R., 1993. Parasitism of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) by *Allothrombium pulvinum* larvae (Acari : Trombidiidae) in cotton fields : spatial dispersion and density dependence. Experimental and Applied Acarology, 17, 905-912.
- ZHANG Z.Q., CHEN P.R., WANG K., WANG X.Y., 1993. Overdispersion of *Allothrombium pulvinum* larvae (Acari : Trombidiidae) parasitic on *Aphis gossypii* (Homoptera : Aphididae) in cotton fields. Ecological Entomology, 18, 379-384.
- ZHANG Z.Q., XIN J.L., 1989. Biology of *Allothrombium pulvinum* Ewing (Acari : Trombidiidae), a potential biological agent of aphids in China. Experimental and Applied Acarology, 6, 101-108.
- ZHAO D.X., 1986. Studies on predation of the coccinellid beetle, *Scymnus hoffmanni* Weise to cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. I- Functional response of *Scymnus hoffmanni* to cotton aphid. Contributions from Shanghai Institute of Entomology, 6, 43-57.
- ZHAO D.X., ZHOU L., 1988. A preliminary study on the population of *Aphis gossypii* at the seedling stage of cotton. Insects Knowledge, 25, 79-80.
- ZOU Y., WANG H., 1989. Evaluation of the dominant predator of *Aphis gossypii* in seedling stage of cotton. Journal of Anhui Agricultural College, 16, 39-44.
- ZWÖLFER H., 1958. Zur Systematik, Biologie und Ökologie unterirdisch lebender Aphiden. Teil IV. Zeitschrift für Angewandte Entomologie, 43, 15-52.

GLOSSAIRE

Anholocyclie	Particularité du cycle biologique correspondant au maintien durant l'hiver sur la plante hôte d'individus parthénogénétiques, sans passage par la reproduction sexuée : <i>espèces anholocycliques</i> .
Apex	Partie d'un appendice située à l'opposé de son insertion. Apex ou <i>zone apicale</i> .
Appendice	Chez les pucerons, l'appendice désigne notamment les pattes, les ailes, les cornicules et la queue.
Aptère	Dépourvu d'ailes.
Basale	Qualifie ce qui est situé à la base d'un appendice, par laquelle celui-ci est inséré.
Cauda	Queue ; prolongement du dernier segment abdominal.
Chétotaxie	Disposition des soies.
Chitine	Principal constituant de la cuticule des insectes. Substance molle et transparente résistante aux acides et aux bases.
Cornicules	Appendices pairs, sublatéraux, de forme et de longueur variables et situés à la partie postérieure de l'abdomen.
Cuticule	Constituant des téguments de l'insecte ; composée de plusieurs strates, elle assure sa rigidité et son imperméabilité.
Dioécique	Se dit de certaines espèces dont le cycle évolutif complet se déroule sur deux hôtes non apparentés (un hôte primaire et un hôte secondaire). On parle aussi d'espèces migrantes.
Discale	Se dit de la large tache pigmentée dorsale qui occupe parfois la région centrale de l'abdomen.
Distal	Situé vers l'extrémité.
Hétéroécique	Employé comme dioécique.
Holocyclie	Particularité du cycle biologique impliquant l'existence d'une reproduction sexuée.
Imaginal	Qui se rapporte à l'imago, à l'adulte des insectes. La <i>mue imaginale</i> donne naissance à l'imago.
Immature	Employé pour désigner les insectes qui viennent de muer, notamment les adultes, avant que la cuticule ne se soit durcie et, parfois, pigmentée.
Intersegmentaire	Situé à la jonction de deux segments : <i>sclérite intersegmentaire</i> .
Marginal	Situé en bordure de l'insecte : <i>sclérite marginal, zone marginale</i> .

Monoécique	Se dit des espèces effectuant leur cycle évolutif complet sur une seule espèce végétale hôte ou sur des espèces apparentées, sans migration.
Nervation	Ensemble ou disposition des nervures alaires.
Ovipare	Qui pond des œufs.
Papille	Ornementation tuberculiforme de la cuticule, en position marginale ou spinale.
Parthénogenèse	Mode de reproduction par lequel une femelle peut produire une descendance sans avoir été fécondée. Dans ce cas, il y a développement d'un ovule vierge sans intervention du gamète mâle.
Pigmentation	Accumulation plus ou moins forte de pigment noir sur la cuticule. Ensemble ou répartition des zones pigmentées.
Pleural	Relatif à la région comprise entre la zone spinale et la zone marginale.
Processus	Prolongement : <i>processus terminal de l'antenne</i> .
Pruinosité	Mince couche poudreuse de matière cireuse recouvrant la cuticule.
Queue	Extrémité postérieure du dernier segment abdominal formant parfois un appendice de forme et de longueur variables. On dit aussi cauda.
Sclérifié	Dont la cuticule est dure, rigide et généralement épaisse (syn. sclérotinisé).
Sclérite	Aire tégumentaire d'étendue et de forme variables imprégnée de pigment.
Segmentaire	Relatif aux segments abdominaux : <i>bande segmentaire</i> .
Sensoria	Organes sensoriels de forme variable situés sur les antennes, parfois aussi sur les tibias postérieurs de certaines formes.
Sinus frontal	Partie du vertex (front) située entre les antennes et qui affecte des formes variées.
Spinal	Relatif à la région située de part et d'autre de la ligne médiane et bordée par les zones pleurales.
Suture articulaire	Jonction entre deux articles antennaires.
Taxon	Ensemble d'organismes possédant en commun certains caractères spécialisés particuliers permettant de les différencier des autres organismes et de les classer dans un groupe isolé.
Tégument	Paroi du corps des insectes formée notamment de la cuticule et de l'épiderme.
Tergite	Région dorsale d'un segment.
Thélytoque	Type de reproduction parthénogénétique où la descendance issue des œufs non fécondés est composée uniquement de femelles.
Tubercule	Protubérance du vertex à la base ou entre les antennes : tubercules frontaux. Les papilles (marginales ou spinales) sont aussi appelées tubercules.
Vivipare	Qui donne directement naissance à des larves ou à des jeunes.

Collection *Les déprédateurs du cotonnier*

Note aux auteurs

Préparation du manuscrit

Les manuscrits sont imprimés sur feuilles de format A4, en recto seulement, en double interligne ; tout le texte est aligné à gauche, y compris la bibliographie.

Les éléments du manuscrit sont rangés dans l'ordre suivant : une page de garde avec le titre, les prénoms et noms des auteurs ; le sommaire ; le résumé de 200 mots maximum et 5 à 10 mots clés ; le texte ; la liste des références bibliographiques ; les tableaux avec chacun sa légende ; les légendes des figures, puis les légendes des planches ; les graphiques et figures, à raison d'un par page ; les photographies.

Présentation

Chaque page de texte comprend 25 lignes de 10 mots en moyenne ; utilisez une seule police de caractère pour l'ensemble du texte ; les noms latins sont en italique ; il n'y a pas de gras dans le texte ; les noms d'auteurs sont en capitales ex : CAUQUIL *et al.* (excepté ceux attachés à un nom de plante ou d'insecte, ex : *Helicoverpa zea* (Boddie)). Chaque sigle ou abréviation est développé lors de la première citation dans le texte.

Chaque tableau et figure possède une légende et est numéroté, en chiffres arabes, suivant l'ordre dans lequel il apparaît dans le texte ; chacun est annoncé dans le texte par son numéro (ex : tableau 5 ; figure 2). Les tableaux sont structurés au moyen des tabulations (évitez le format tableau et l'utilisation de la touche d'espacement). Les tableaux ne sont pas dupliqués dans les figures et vice versa. Les graphiques et figures sont les plus aboutis possible. Les photographies, tirées sur papier, portent éventuellement des annotations en lettres d'imprimerie (en aucun cas des informations manuscrites) ; chaque photographie est numérotée au verso.

Les références bibliographiques dans le texte sont présentées ainsi : AUTEUR (1995), AUTEUR et AUTEUR (1995), (AUTEUR, 1990 ; AUTEUR, 1995) et lorsque les auteurs sont au nombre de trois ou plus : AUTEUR *et al.* (1995) ou (AUTEUR *et al.*, 1995). Les références données dans la liste ne concernent que les publications mentionnées dans le texte. Elles sont classées par ordre alphabétique des noms d'auteurs et par ordre chronologique pour un ou pour plusieurs mêmes auteurs. Elles sont présentées de la façon suivante.

Ouvrage

BURGES H.D., HUSSEY D., 1971. Microbial control of insects and mites. Londres, Royaume Uni, Academic Press, 861 p.

Extrait d'ouvrage

VILGALYS R., CUBETA M.A., 1994. Molecular systematics and population biology of *Rhizoctonia*. In : Annual Review of Phytopathology., Cook, Zentmyer et Shaner éd., Palo Alto, Californie, 32 : p. 135-156.

Communication à un congrès

BEASLEY C.A., ADAMS J.C., HENNEBERRY T.J., 1987. Pink bollworms: relationships between timing of initial insecticides applications and season-long control. In : Proceedings of the Beltwide cotton production research conferences, Dallas, Texas, January 4-8. Memphis, Etats-Unis, Nat. Cotton Counc. Am., p. 340.

Article de périodique

COUILLOUD R., 1988. *Cryptophlebia* (Argyroplote) *leucotreta* (Meyrick) (Lepidoptera, Tortricidae, Olethreutinae). Coton et fibres tropicales 32 (4) : 325-349.

Thèse

POUTOULI W., 1994. Contribution à l'étude des hétéroptères associés à la rotation culturale maïs-cotonnier-niébé au Togo. Thèse de doctorat, université Paris VI, France, 178 p.

Document interne

CADOU J., 1952. Rapport de la section entomologie, campagne 1951-1952. CIRAD-IRCT, Paris, France, 33 p. (document interne).

Dossier informatique

Avec le tirage papier, fournissez le fichier correspondant sur disquette. Mentionnez sur l'étiquette les noms des auteurs et le logiciel PC utilisé.

Série

Les déprédateurs du cotonnier en Afrique tropicale et dans le reste du monde

Chaque fascicule de cette collection présente les connaissances et résultats acquis, tant au laboratoire que sur le terrain, sur tel ou tel ravageur. Sont exposés l'anatomie, la biologie, les relations avec les plantes-hôtes, les dégâts et les moyens de lutte chimique ou biologique.

Certains sujets sont traités dans le seul contexte de l'Afrique, d'autres englobent des ravageurs d'Amérique latine ou bien sont élargis au monde entier.

Les textes, illustrés de photos en couleurs, s'adressent en particulier aux chercheurs, et aussi aux formateurs et aux acteurs du développement. Les monographies de cette série seront regroupées en fin de collection dans un ouvrage collectif.

N° 1. — Les *Earias* du cotonnier

R. Couilloud
1987, 20 p.

N° 2. — *Cryptophlebia leucotreta*

R. Couilloud
1988, 31 p.

**N° 3. — Hétéroptères déprédateurs
du cotonnier en Afrique
et à Madagascar**

R. Couilloud
1989, 40 p.

N° 4. — *Syllepte derogata* (Fabricius)

P. Silvie
1990, 20 p.

N° 5. — *Anomis flava* (Fabricius)

J.-P. Deguine
1991, 38 p.

**N° 6. — Les acariens déprédateurs
du cotonnier**

J. Gutierrez
1992, 20 p.

**N° 7. — Coléoptères déprédateurs
du cotonnier en Afrique
et à Madagascar**

R. Couilloud
1993, 92 p.

**N° 8. — Les *Miridae* du cotonnier
en Afrique et à Madagascar**

J. Cadou
1994, 74 p.

**N° 9. — *Pectinophora gossypiella*
(Saunders) (*Lepidoptera*,
Gelechiidae)**

J. Le Gall
1995, 110 p.

**N° 10. — *Diparopsis* spp.
(*Lepidoptera*, *Noctuidae*,
Agrotinae)**

T. Martin
1996, 44 p.

Edition et mise en page
Service des publications, de l'information
et de la documentation, CIRAD-CA

Impression
Reprographie du CIRAD

ISSN 1255-2240
ISBN 2-87614-263-5